TITRES

ET

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

DE

M. E. FAURÉ-FREMIET

PARIS
MASSON ET Cie, ÉDITEURS
LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN
—
1928

TITRES ET TRAVAUX SCIENTIFIQUES DE M. E. FAURÉ-FREMIET

(Exposé complémentaire, années I928-I942)

I

FONCTIONS.-

Professeur d'Embryogénie comparée au Collège de Franc (1928).

Directeur du Laboratoire de Cytologie à l'Ecole prati des Hautes Etudes (I928).

Chargé de service à l'Institut de Biologie physico-chimique.

Ancien membre du conseil supérieur de la Recherche Scientifique (I939).

Ancien membre du Comité spécialisé du C.N.R.S. pour l'étude des problèmes de la cicatrisation (I940).

Membre du comité de la section de Biologie du Palais de la Découverte (I940).

Invité à donner des conférences, cours et rapports pa l'Institut des Hautes Etudes de Belgique (I925); la Faraday Society, (réunion de Cambridge I930); l'Instituto de la Universidade de Paris en Buenos-Aires (I933); l'Université de Bruxell (I935).

Boursier de la Fondation Rockefeller (International education Board) pour un séjour d'étude aux Etats-Unis (I929).

Missions scientifiques du ministère de l'Instruction publique aux Etats Unis (I929), et en Amérique du Sud (I933).

Conférences données dans diverses institutions Scient fiques à Woods Hole, Rio de Janeiro, Sau Paulo, Buenos-Aires, Montevideo, La Paz, Lima.

Président de l'Association internationale des Cytologistes (I936-38); de la Société de Chimie-physique (I938-42); d la Société Zoologique de France (I94I-42)

DISTINCTIONS HONORIFIQUES :

Chevalier de la Légion d'Honneur (I936)
Membre correspondant de l'Academia brasileira de Ciencias, (Rio de Janeiro, I933).
Membre honoraire de la Sociedad argentina de Biologia (Buenos Aires I933).
Membre effectif de l'Institut international d'Embryologie (Utrecht I934).
Membre honoraire étranger de l'American Academy of Art and Sciences (Boston I938).
Membre correspondant de la Société nationale des Scier naturelles et mathématiques de Cherbourg (1939).

II

TRAVAUX SCIENTIFIQUES.-

(Les nombres entre parenthèse renvoient à l'index bibliographique).

Les recherches que j'ai pu continuer, entreprendre, provoquer et diriger depuis I928 se rapportent malgré leur diver sité apparente, aux problèmes de la structure et aux mécanismes de sa réalisation. J'ai rappelé (280) les différents aspects de ces problèmes en quelques mots qui peuvent servir d'introductior au présent exposé. Les principales questions étudiées se classer ainsi :

1°/ CYTOLOGIE.-

Changements d'état du protoplasma cellulaire; comparaison avec les phénomènes de thixotropie (220, 225, 245, 246); cellules structurées et cellules amiboïdes; propriétés physico-chimiques des lames minces protoplasmiques; mouillabilité; phagocytose; pseudopodes lamellaires et phénomènes interfaciaux (22I, 222, 223, 224, 225, 230, 247).

Dédifférenciation et réorganisation au cours de la division cellulaire chez les Infusoires (235, 252).

Physiologie de la division chez un Infusoire (249).

Séparation des constituants protoplasmiques; cytochimi (224, 225, 242).

Travaux du laboratoire : secrétion de HCl par un Infusoire : H. MAZOUE (L 88, 111); phénomènes cytologiques de la secrétion : J. FILHOL (L 96, I03, II2, I20); changements d'état protoplasmique au cours de la secrétion : J. FILHOL et MAZOUE (L I06); analyse de la division : B. EPHRUSSI (L 56, 58, 74) etc..

2°/ HISTOLOGIE COMPARÉE; HISTOPHYSIOLOGIE; HISTOCHIMIE.-

Comparaison de différents tissus conjonctifs; tissus acidulaires (26I, 267, 268); ceratotrichia (25I, 257); derme téliforme (275); charpentes réticulées (250); tissus des Eponges (233).

Structure des capsules ovulaires secrétées par les Sélaciens (272).

Culture in vitro (2I6, 22I, 239, 240, 245).

Travaux du laboratoire : Tissus conjonctifs : H. GARRAULT (L 79, 80, 84, 86, 87, 90, 93, 94, I02). Constituants glycoprotéiques des tissus conjonctifs muqueux : H. GARRAULT (L 79, 84).

Analyse expérimentale de la formation des fibres collagènes : H. MAZOUE (L 95, 98, 100, I05, I07, I09, II0, II4, II5 II7, I24) N. GRELET (L I26, I28).

Culture des tissus : B. EPHRUSSI (L 59, 62, 63, 68, 75 76); H. GARRAULT (L 65, 72); A. LITVAC (L I0I, I04, I22).

Sujets divers : LECLOUX (L. 55); NICHITA (L 52, 53, 54

3°/ EMBRYOLOGIE ET HISTOGENESE.-

Développement et différenciation du mésenchyme (230, 239, 240).

Morphogenèse expérimentale; reconstitution des Eponges la notion de stéréotopie cellulaire (22I, 233, 236, 237, 247).

Constitution chimique de l'oeuf (242).

Croissance et différenciation; développement des colonies de Zoothamnium; rôle des divisions différentielles (228).

Travaux du laboratoire : Morphogenèse expérimentale : P. HATT (L 66, 7I, 77, 78); GUELIN-SCHEDRINA (L 8I); B. EPHRUSSI (L 75). Développement du mésenchyme; H. GARRAULT (L 72), BACK (L 73); différenciation de l'ébauche splénique : Cl. LEON (L 70) Physiologie de l'oeuf : B. EPHRUSSI (L 60, 74).

Description d'un embryon Humain au stade de la ligne primitive : H. GARRAULT (L. I36).

4°/ CHIMIE-PHYSIQUE DES PROTEINES FIBREUSES.-

Etude des Scléroprotéines. Collagènes, ichtyocolles, élastoïdines, cornéines; solubilité (243, 244, 266, 268); imbibition (254); courbes de titrage (256); transformations thermo-élastiques et température critique (255, 258, 262, 265, 28I); étude röntgenographique (263, 264, 273, 274, 284); propriétés optiques (257, 272, 279); anisotropie magnétique (285); Ovokératines; propriétés, composition, secrétion (269, 270, 272); Stylines (276, 28I). Propriétés générales des Scléroprotéines (en préparation).

Travaux du laboratoire : Chimie des protéines : BASTIAN ENGELAND (L 97, 99); propriétés des ovokératines : BAUDOUY (L II6 II9, I2I); propriétés des Kératines épidermiques : CHAMPETIER et LITVAC (L I23); fixation du formol : BAUDOUY (L I34, I35).

5°/ PROTISTOLOGIE.-

Infusoires ciliés; description d'espèces, monographies (235, 238, 249, 252, 253, 259, 260,); Cycle morphogénétique (228, 235, 249, 252); physiologie, besoin d'Oxygène (226); culture (234); constituants chimiques (28I, 288).

6°/ NOTICES BIOGRAPHIQUES ET HISTORIQUES.-

L.F. HENNEGUY (227); A. BRACHET (232); G. URBAIN (278); J. FILHOL (27I). La chaire d'Embryogénie comparée du Collège de France (266 bis, 24I); la chaire d'Evolution des corps organisés (Radio-Paris); Félix DUJARDIN et la notion de protoplasma (248).

III

ENSEIGNEMENT.-

Cours professés au Collège de France :

I928-29.- Les problèmes et les méthodes de l'Embryogénie.
I929-30.- Propriétés cellulaires et mécanismes du développement.
I930-3I et I93I-32.- Développement et différenciation de quelques dérivés du mésenchyme.
I932-33.- Les problèmes actuels de la cytologie.
I933-34.- La différenciation cellulaire.
I934-35.- Croissance et morphogenèse au cours du développement des organismes.
I935-36.- Les Scléroprotéines : constitution, propriétés physiques et chimiques, mode de formation, rôle morphogénétique.
I936-37.- Les problèmes de l'évolution, du développement et de l'organisation.
I937-38.- La gastrulation dans la série animale.
I938-39.- Les structures protéiques dans les cellules et les tissus.
I940-4I et I94I-42.- La cellule et sa structure : état actuel de nos connaissances

IV

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE.- 1º/- TRAVAUX PERSONNELS.-

I928

220 Les propriétés physico-chimiques des amibocytes des Invertébrés.
Arch. f. Zellf. Bd. VI, p. 264.

22I Etude cinématographique des choanoleucocytes et de leurs mouvements. (avec Mme François-Franck)
C.R. Soc. Biol. T. XCIX, p. 207.

222 Plasmodes coelomiques chez Audouinia tentaculata
Bull. Biol. Fr. et Belg. T. 52, p. I49.

223 Les lames hyalines des amibocytes et leurs mouvements. (Présentation d'un film cinématographique)
C.R. Ass. Anat. Prague.

224 Constitution et propriétés physico-chimiques des éléocytes d'Amphitrite Johnstoni (Malmgren)
Protoplasma T. V, nº 3, p. 32I.

225 Caractères physico-chimiques des Choanoleucocytes de quelques Invertébrés. Protoplasma T. VI, Nº 4, p. 25I.

I929

226 Recherches sur le besoin d'oxygène libre.- I. L'Oxygène et les mouvements des Paramécies. (avec C. Léon, André Mayer et L. Plantefol)
Ann. Phys. et Phys. Chim. Biol. t. 5, p. 633.

226bis La chaire d'Embryogénie comparée du Collège de France et l'Evolution des Sciences du développement.
Rev. Gen. des Sciences. T. XL, p. 37.

227 Louis-Félix Henneguy (I850-I928)
Arch. Anat. Microsc. T. XXV.

I930

228 Growth and differentiation of the colonies of Zoothamnium alternans (clap. and Lachm.)
Biol. Bull., Vol. 58, nº I, p. 28.

229 Caractères des macrophages de la lymphe pleuropéritonéale chez les Batraciens Urodèles.
Arch. Anat. Micros. T. XXVI, p. 475-487.

230 Le mésenchyme et l'apparition de la fonction colloidopexique chez les embryons de Téléostéens.
C.R. Assoc. des Anat. IIIe congrès, Amsterdam.

23I The kinetics of living matter.
Trans. of the Faraday Soc. Vol. 26, p. 779.

193I

232 Albert Brachet.
Presse Médicale, nº I2. (11 février I93I).

233 Etude histologique de Ficulina ficus L. (Demospongia).
Arch. Anat. Microsc. t. XXVII, p. 42I-448.

234 Quelques résultats obtenus avec la méthode des lames immergées.
Bull. Soc. Zool. de France, t. 56, p. 479.

I932

235 Division et Morphogénèse chez Folliculina ampulla O.F. Muller
Bull. Biol. Fr. et Belg. T. --, p. 78-110.

236 Morphogénèse expérimentale (reconstitution) chez Ficulina ficus L.
Arch. Anat. Microsc. T. 28, p. I.

237 Involution expérimentale et tension de structure dans les cultures de Ficulina ficus
Arch. Anat. Microsc. t. 28, nº I, p. I2I.

238 Strombidium Calkinsi, a new Thigmotactic species.
Biological Bulletin, Vol. 62, nº 2, p. 20I.

239 Etude microcinématographique du mésenchyme des Salmonides. (présentation d'un film cinématographique), avec L. François Franck et A. Back. C.R. Assoc. des Anat. Nancy.

240 Croissance et différenciation "in vitro" du Mésenchyme embryonnaire avec H. Garrault.
C.R. Assoc. Anat. Nancy.

24I La création de la Chaire d'Embryogénie comparée au Collège de Franc (Extrait du Livre jubilaire composé à l'occasion du quatrième cente naire du Collège de France).
Paris, Presses Universitaires de France.

1933

242 Les constituants cytoplasmiques de l'oeuf de Raie. (Raja batis).
Protoplasma, T. I9, p. 63-77.

1933 (Suite)

243 Au sujet du Collagène des tendons de queues de Rat.
C.R. Soc. Anat. Lisbonne.

244 Quelques propriétés du collagène soluble.
C.R. Soc. de Biol. t. II3, p. 7I5.

1934

245 Forme et activité cellulaire d'après l'expérimentation in vitro. Les changements d'état thixotropiques.
Arch. f. exper. Zellf. Bd. I5, p. 79-84.

246 Les transformations thixotropiques des Amibocytes de Nephtys et d'Arenicola. Arch. f. experiment. Zellf. Bd. I5, p. 373.

I935

247 Biologia Cellular.- Curso dado en la Universidad de Buenos-Aires. en Octobre de 1933. Rev. Medico-Quirurgica de Patologia Femenina T. IV, p. 680-702, t. V, p. I-20.

248 Les recherches de Félix Dujardin et la notion de Protoplasma.
Protoplasma, t. XXIII, p. 250-269.

249 La famille des Philasteridae Kahl (Ciliata holotricha).
Bull. Soc. Zool. de France, T. LX, p. I29.

250 Micro-dissection biologique des charpentes collagènes et réticulaires. (avec J. KRUSZYNSKI et H. MAZOUE).
C.R. Ass. des Anat. Montpellier (I5-I7 Avril).

25I Les baguettes cornées des nageoires des Sélaciens.
C.R. Ass. des Anat. Montpellier (I5-I7 ")

1936

252 La famille des Folliculinidae (Infusoria heterotricha) (in melanges Paul Pelsenner, Mémoires du Musée Roy. d'Hist. Nat. de Belgique, Série 2, F. 3, p. II29-II75.).

253 The Folliculinidae (Infusoria heterotricha) of the Breton Coast.
Biol. Bull. Vol. 70, p. 353.

254 L'imbibition aqueuse des fibres d'élastoïdine, en collaboration av R. WOELFFLIN. Journal de Chimie Physique, T. 33, p. 666.

255 Propriétés élastiques de l'Elastoïdine.
Journ. de Chimie Physique T. 33, p. 68I.

1936 (Suite)

256 Courbe de titrage de l'Élastoïdine. (avec R. WOELFFLIN)
Journ. de Chimie Physique T. 33, p. 695.

257 La structure des fibres d'élastoïdine.
Arch. d'Anat. micros. T. 32, p. 249.

258 La température de transformation de l'élastoïdine. (avec R. WOELFFLIN)
Jour. de Chimie Physique, T. 33, p. 80I-8I4.

259 Condylostoma (Stentor) auriculatus (GRUBER)
Bull. de la Soc. Zool. de France, T. 6I, p. 5II.

1937

260 Licnophora lyngbycola, a new species of Infusorian from Woods Hole.
Biol. Bull. Vol. 72, p. 2I2.

26I Le tissu conjonctif acidulaire de la vessie natatoire. (avec H. GARRAULT)
Arch. d'Anat. Microsc. t. 33, p. 8I.

262 Les transformations thermiques de l'élastoïdine.
Journal de Chimie Physique, t. 34, p. I25.

263 Etude roentgenographique de la structure des fibres d'Elastoïdine (avec G. CHAMPETIER)
Journ. de Chim. Phys. T. 34, p. I97.

264 Etude roentgenographique d'une protéine intracellulaire (avec G. CHAMPETIER). C.R. Acad. des Sciences, t. 204, p. I90I.

265 La température de dispersion d'une protéine intracellulaire, l'ascaridine. (avec J. FILHOL).
Journ. de Chim. Phys. T. 34, p. 444.

266 La solubilité de quelques collagènes. (avec C.T. BAUDOUY)
Bull. Soc. Chim. Biol. T. I9, p. II34.

266bis La culture des tissus et des organes.
Les cahiers de Radio-Paris, nº 6, I5 Juin 37.

267 Structure de la tunique externe de la vessie natatoire.
C.R. Ass. Anat. Marseille I937. p. I82.

268 Propriétés de l'Ichtyocolle provenant de diverses sortes de vessies natatoires. (avec A. COUGNY)
Bull. du Muséum, T. 9, p. I88.

1938

269 Sur l'Ovokératine des Sélaciens. (avec C. BAUDOUY)
Bull. Soc. Chim. Biol. t. 20, p. I4.

270 Séparation d'une prokératine secrétée par la glande nidamentaire de Raja batis L. (avec H. GARRAULT).
Bull. Soc. Chim. Biol. t. 20, p. 24.

27I JEAN FILHOL. I9I0-I938.
Masson et Cie, Paris.

272 Structure de la capsule ovulaire chez quelques Sélaciens.
Arch. d'Anat. Microsc. t. 34, p. 23.

273 Etude roentgenographique de quelques collagènes. (avec G. CHAMPETIER)
Journ. de Chimie Physique, t. 35, p. 223.

274 Etude roentgénographique des kératines secrétées. (avec G. CHAMPETIER)
C.R. Acad. des Sciences, t. 207, p. II33.

275 Structure du derme téliforme chez les Scombridés.
Arch. d'Anat. Microsc., t. 34, p. 2I9.

276 Fixation en extension du pédicule des Vorticellides.
Bull. Soc. Zool. de France, t. 63, p. 322.

I939

277 Allocution du vice-Président de la Société Zoologique de France.
Bull. Soc. Zool. de France t. 64, p. 6

278 Allocution en mémoire de Georges URBAIN.
Journ. de Chimie Physique, t. 35, p. 4I4.

279 Les propriétés optiques de l'ovokératine (avec C.T. BAUDOUY)
Arch. d'Anat. microsc. T. 35, p. 77.

I94I

280 Allocution présidentielle à la Société Zoologique de France.
Bull. Soc. Zool. de France, t. 66, p. 9.

28I La nature chimique du pédoncule des Vorticellides.
Bull. Soc. Zool. de France, t. 66, p. 277.

I942

282 Allocution du Président sortant de Société Zoologique de France.
Bull. Soc. Zool. de France t. 67, p. 7.

I942 (Suite)

283 Notes sur la biologie sexuelle de Scylliorhinus canicula.
Bull. Biol. (sous presse)

284 Etude röntgenographique de quelques cornéines d'Anthozoaires (avec G. CHAMPETIER) (en préparation)

285 Anisotropie magnétique de quelques substances organiques fibreuses. (avec Mme E. COTTON) (en préparation)

286 Propriétés physico-chimiques des cornéines.
(en préparation)

287 Structure et propriétés physiques des protéines fibreuses.
(en préparation)

288 Composition chimique du tégument chez Coleps hirtus (avec M. Hamard)
(en préparation)

289 La matière au point de vue biologique.
Centre international de Synthèse, (Onzième semaine, 22-27 Mai I939) (sous presse)

290 Parmi la faune microscopique des eaux : les Infusoires.
Conférence donnée au Palais de la Découverte 11 janvier I942) (sous presse)

2º/- TRAVAUX EFFECTUES AU LABORATOIRE.-

I928

L. 52 G. NICHITA.- La pseudobranchie de Girardinus guppyi.
C.R. Assoc. d'Anat. Prague I928.

53 " Dégénérescence oocytaire chez Girardinus Guppyi.
C.R. Assoc. d. Anat. Prague I928.

54 " Contribution à l'étude de l'atrésie folliculaire chez les vertébrés. Résultats obtenus sur Girardinus Guppyi.

55 LECLOUX.- A propos des cellules cadmiophiles du poumon.
C.R. Soc. Biol. t. 98, p. 943.

56 B. EPHRUSSI.- Sensibilité à la chaleur de l'oeuf d'Oursin, Paracentrotus lividus L., aux différentes phases de la mitose.
C.R. Ass. d. Anat. Prague, I928.

56bis B. EPHRUSSI et NEUKOMM.- Résistance à la chaleur des oeufs d'Oursin (Paracentrotus lividus Lk.)
Protoplasme t. II, nº I, p. 34.

I929

L. 57 B. EPHRUSSI, L. CHEVILLARD, A. MAYER et L. PLANTEFOL.- Recherches sur le besoin d'Oxygène libre, l'Oxygène libre et les cultures de tissu.
Ann. de Physiol. et de Physio. Chim. Biol. T. 5, nº 4, p. 642.

58 B. EPHRUSSI.- Remarques sur les coefficients de température des processus biologiques.
Arch. Anat. Microsc. t. 25.

58bis MILKOVITCH.- Action du sérum humain sur un Infusoire, Glaucoma piriformis.
C.R. Soc. Biol. t. I00, p. 4I7.

I930

59 B. EPHRUSSI.- Sur la culture de l'endothélium du foie embryonnaire.
C.R. Soc. Biol. t. I03, p. 762.

60 B. EPHRUSSI et L. RAPKINE.- Composition chimique de l'oeuf d'Oursin (Paracentrotus lividus Lk) et ses variations au cours du développement.
Ann. de Physiol. t. IV, p. 386, I928.

6I B. EPHRUSSI et L. RAPKINE.- Action des différents sels sur le Spirostomum. "Protoplasma" t. 5.

I93I

62 B. EPHRUSSI.- Sur les facteurs limitant l'accroissement des cultures des tissus in vitro signification de l'énergie résiduelle
C.R. Acad. des Sc. t. I92, p. I763.

63 B. EPHRUSSI et G. TESSIER.- Sur la croissance résiduelle des cultures de fibroblastes.
C.R. Soc. de Biol. t. I08, p. 946.

63bis G. MILKOVITCH.- Action du sérum humain sur un Infusoire.
Bull. Biol. Fr. et Belg. t. 45, p. I03.

64 A. CAUSIN.- Recherches sur la régénération du Stentor coeruleus.
Mémoire Dipl. Etud. Sup. et Arch. Anat. Microsc. t. 27, p. I07.

65 H. GARRAULT.- Les amibocytes de Lumbricus observés in vitro.
Arch. f. exper. Zellf. Bd. 11.

66 P. HATT.- La fusion expérimentale d'oeufs de Sabellaria alveolata L. et leur développement.
Arch. de Biol. t. 42, p. 302.

L. 67 P. HATT.- L'évolution des Porosporides ohez les Mollusques.
Aroh. de Zool. exp. t. 72.

68 B. EPHRUSSI.- Résultats récents de la culture des tissus.
Ann. et Bull. de la Soc. Roy. des Sc. Méd. & nat. de Bruxelles, nº 7-8.

68bis G. MILKOVITCH.- L'action du sérum humain sur les Planaires.
C.R. Soc. de Biol., t. III, p. 568.

I932

69-70 C. LEON.- Histogénèse de l'ébauche splénique chez les Salmonides.
Arch. Anat. Microsc. t. 28, p. 363.

7I P. HATT.- Essais expérimentaux sur les localisations germinales dan l'oeuf d'une annélide (Sabellaria alveolata L.)
Arch. Anat. Microsc. t. 28, p. 8I.

72 H. GARRAULT.- Etude in vitro de l'endothélium cardiaque embryonnaire.
Assoc. des Anat. Nancy I932.

73 BACK.- Origine et développement du mésenchyme chez les Salmonide (Thèse)
Arch. Anat. Microsc. t. 28, p. 427

74 B. EPHRUSSI.- Contribution à l'analyse des premiers stades du développement de l'oeuf. Action de la température.
Arch. de Biol. t.

75 " Croissance et régénération dans les cultures des tissus.
Arch. d'Anat. Microsc. t. 29, p. 95.

I933

76 B. EPHRUSSI.- Sur le facteur léthal des Souris Brachyures.
C.R. Acad. des Sc. t. I97, p. 96.

77 P. HATT.- L'induction d'une plaque médullaire secondaire chez le Triton par implantation d'un morceau de ligne primitive de Poulet.
C.R. Soc. de Biol. t. II3, p. 246.

78 " Deux cas d'anomalie chez l'Oeuf d'Ascaris mégalocéphala
Arch. de Zool. exp. et Gén. t. 75.

79 H. GARRAULT.- Substance glycoprotéique extraite du tissu muco-élastique de la Crête de Coq.
C.R. Soc. de Biol. t. II3; p. I58.

80 " Le tissu muqueux de l'oviducte de la Raie
C.R. Soc. de Biol. t. II3, p. 384.

8I GUELIN-SCHEDRINA.- Effets produits par l'injection intravasculaire de thyroxine chez l'embryon de Poulet.
C.R. Soc. de Biol. t. II3, p. 7I7.

I934

82 GUELIN-SCHEDRINA.- L'effet de la thyroxine sur le foie de l'embryon de Poule.
Arch. f. Exp. Zellf. Bd. XV; p. 382.

83 P. HATT.- Expériences d'induction sur la Gastrula de Triton au moyen de parties de blastoderme jeune de Poulet.
Arch. d'Anat. Microsc. t. 30, p. I33.

84 H. GARRAULT.- Etude histochimique de quelques tissus conjonctifs muqueux
Arch. Anat. Microsc. t. 30, p. 6-I04.

85 GUELIN-SCHEDRINA.- Effets de la Thyroxine sur l'embryon de Poulet. Ann. de Physiol. t. I0 p.454.

86 H. GARRAULT.- Le tissu élastique du pédoncule de Pollicipes cornucopiae Leach.
Arch. d'Anat. Microsc. t. 30, p. 200.

I935

87 H. GARRAULT.- Formation des baguettes d'élastoïdine chez les embryons de Salmonides.
C.R. Acad. des Sc. t. 200, p. I248.

88 H. MAZOUÉ.- Etude du mode de nutrition d'un Infusoire marin de la Famille des Philasteridae : Porpostoma notatum Möbius.
Bull. Soc. Zool. de France, t. 60.

89 P. HATT.- Les mouvements morphogénétiques dans le développement des Vertébrés.
Actual. Scient. et Industr. 303

1935

87 H. GARRAULT.- Formation des baguettes d'élastoïdine chez les embryons de Salmonides.
C.R. Acad. des Sc. t. 200, p. I248.

88 H. MAZOUE.- Etude du mode de nutrition d'un Infusoire marin de la Famille des Philasteridae : Porpostoma notatum Möbius.
Bull. Soc. Zool. de France, t. 60.

89 P. HAÏT.- Les mouvements morphogénétiques dans le développement des Vertébrés.
Actual. Scient. et Industr. 303.

1936

90 H. GARRAULT.- Formation de la charpente primaire des nageoires chez l'embryon de Truite.
C.R. Ass. des Anat. Montpellier.

9I GUELIN-SCHEDRINA.- Fonction glycogénique du foie chez l'embryon de Poulet.
C.R. Soc. de Biol. t. I2I, p. I44.

92 " Réaction aux excitations du coeur de l'embryon de Poulet au stade de 48 heures.
C.R. Soc. de Biol. t. I2I, p. 2I4.

93 H. GARRAULT.- Développement des fibres d'élastoïdine (actinotrichia) chez les Salmonides.
Arch. d'Anat. Microsc. T. 32, p. I05-I37.

94 " L'élastoïdine des Poissons téléostéens.
Ann. de Physiol. T. I2, p. 29I-300.

95 L. RANDOIN et H. MAZOUE.- Rôle de la vitamine C dans le développement des scléroses expérimentales.
C.R. Soc. de Biol. t. II2, p. II84.

1937

96 J. FILHOL.- La cellule hépatique d'absorption chez quelques Gastéropodes pulmonés.
Arch. d'Anat. Microsc. t. 33, p. 95.

97 R. ENGELAND et BASTIAN A.- Technique de dosage de la proline dans quelques hydrolysats protéiques.
Bull. Soc. Chim. Biol. t. I9, p. II26.

98 H. MAZOUÉ et L. RANDOIN.- Scorbut chronique et réaction du tissu conjonctif au niveau de lésions expérimentales.
C.R. Soc. de Biol. t. I25, p. 47.

I937 (suite)

L. 99 A. BASTIAN.- Dosage de la proline dans un hydrolysat de gélatine. Résultats.
Bull. Soc. Chim. biol. t. I9, p. I299.

I00 H. MAZOUÉ.- Etude histologique du développement de granulomes expérimentaux chez des Cobayes Scorbutiques.
Arch. d'Anat. Microsc. t. 33, p. I29.

I0I A. LITVAC.- Propriétés et structure des substances intercellulaires formées en culture in vitro.
Arch. d'Anat. Microsc. t. 33, p. I5I.

I02 H. GARRAULT.- Structure de la membrane basale sous-épidermique chez les embryons de Sélaciens.
Arch. d'Anat. Microsc. t. 33, p. I67.

I03 J. FILHOL.- La secrétion dans les cellules glandulaires annexées au pénis chez quelques Gastéropodes.
70º Congrès des Soc. Sav. I937 p. 227.

I04 A. LITVAC.- Substance fondamentale et fibrilles dans la culture des tissus.
C.R. Ass. Anat. Marseille I937 p. 266

I05 H. MAZOUÉ.- L'évolution fibreuse de granulomes expérimentaux et la vitamine C.
C.R. Ass. Anat. Marseille I937, p. 304.

I06 J. FILHOL et MAZOUÉ.- Sur la formation physiologique de figures myéliniques chez un Infusoire.
C.R. Assoc. Anat. Marseille I937, p. I86.

I07 H. MAZOUÉ.- Action de l'acide ascorbique sur la formation des fibres conjonctives.
C.R. Soc. de Biol. t. I26, p. 99I.

I08 H. GARRAULT et J. FILHOL.- L'organe nidamentaire des Elasmobranches et son rôle dans la formation de la capsule de l'oeuf.
C.R. Soc. de Biol. t. I26, p. 773.

I09 H. MAZOUÉ et L. RANDOIN.- Les réactions du tissu conjonctif au niveau de lésions expérimentales chez des Cobayes présentant du scorbut aigu ou du scorbut chronique.
Ann. de Physiol. t. I3, p. I057.

I938

110 H. MAZOUÉ.- Evolution de scléroses expérimentales chez des Rats à croissance arrêtée grâce à un régime alimentaire déficien en lysine.
C.R. Soc. de Biol. t. I27, p. I243.

L. 111 H. MAZOUÉ.- Secrétion d'acide par une cellule vivante (Porpostoma notatum Möbius), Infusoire marin cilié. The Sech. Journ. of Physiol. of the U.R.S.S., V. 2I, p. 536 (Congrès internat. de Physiologie.)

II2 J. FILHOL.- Phénomènes cytologiques de la secrétion d'Ascaridine, protéine intracellulaire des Spermatozoïdes chez l'Ascaris mégalocephala.
Arch. d'Anat. Microsc. T. 33, p. 30I.

II3 J. FILHOL et H. GARRAULT.- La secrétion de la prokératine et la formation de la capsule ovulaire chez les Sélaciens.
Arch. d'Anat. Microsc. t. 34, p. I05.

II4 H. MAZOUÉ.- L'évolution fibreuse de granulomes expérimentaux et la carence en lysine.
C.R. Ass. Anat. , Bâle avr. I938.

II5 " Action de quelques carences sur la néoformation des fibres collagènes.
"Kongressbericht II" I6e Congrès inter. de Phys. à Zürich, I938.

II6 C.T.BAUDOUY.- L'imbibition aqueuse de l'ovokératine des Sélaciens.
Journ. de Chim. Phys. t. 35, p. 268.

II7 H. MAZOUÉ et B. NATAF.- Carence en cystine et évolution de scléroses expérimentales.
C.R. Soc. de Biol. t. I28, p. 825.

II8 R. ENGELAND et A. BASTIAN.- Contribution à la connaissance de l'élastoïdine. C.R. Acad. des Sc. t. 207, p. 945.

II9 C.T. BAUDOUY.- La formation de l'ovokératine chez Raja batis.
C.R. Acad. des Sc., t. 207, p. I008.

I20 J. FILHOL.- Recherches sur la nature des lépidosomes et les phénomène cytologiques de la secrétion chez les Gastéropodes pulmon
Arch. d'Anat. Microsc. t. 34, p. I53-I35.

1939

I2I C.T. BAUDOUY.- Les propriétés élastiques de l'ovokératine.
Journ. Chim. Phys. t. 36, p. 4I.

I22 A. LITVAC.- Sur la kératinisation épithéliale in vitro.
Arch. Anat. Microsc. t. 35, p. 55.

I23 G. CHAMPETIER et A. LITVAC.- Structures histologiques et structures molé oulaires au cours de la kératinisation épidermique.
Arch. d'Anat. Microsc. T. 35, p. 65.

I24 H. MAZOUÉ.- Scorbut chronique et granulomes expérimentaux.
Arch. d'Anat. Microsc. t. 35, p. 95.

I939 (suite)

L. I25 Ch. COHN.- Contribution à l'étude de l'action dipeptidasique.
C.R. Soc. de Biol. t. I3I, p. 920.

I26 N. GRELET.- Scléroses intrapéritonéales provoquées au contact de "Kieselgur" chez des Rats carencés en vitamine A.
C.R. Soc. de Biol. T. I3I, p. I005.

I940

I27 H. GARRAULT et C. LIEURE.- La vie des leucocytes dans le sang conservé.
C.R. Soc. de Biol. T. I34, p. 83.

I28 N. GRELET.- Réactions péritonéales et pleurales provoquées par diverses huiles contenant ou non la vitamine A ou ses Produits d'oxydation.
C.R. Soc. de Biol. t. I34, p. 527.

I94I

I29 N. GRELET.- Sur le problème des propriétés histogénétiques de la vitamine A et de ses dérivés d'oxydation.
Mémoire pour obt. Diplôme Etudes Supérieures.

I30 H. MAZOUÉ et P. CHAUCHARD.- Les variations d'excitabilité nerveuse chez le Rat carencé en aneurine (avitaminose B)
C.R. Soc. de Biol. t. I35, p. I38.

I3I " Les effets de l'aneurine sur l'excitabilité nerveuse des Rats en avitaminose B.
C.R. Soc. de Biol. T. I35, p. I56.

I32 " Déterminisme des variations d'excitabilité nerveuse dans l'avitaminose A.
C.R. Soc. de Biol. T. I35, p. I432.

I942

I33 H. MAZOUÉ et P. CHAUCHARD.- L'action pharmacologique des vitamines dans les troubles nerveux avitaminosiques. Possibilité d'effet correcteurs non spécifiques.
C.R. Soc. de Biol. T. I36, p. I82.

I34 C.T. BAUDOUY.- Sur deux modes de fixation possible du formol par certaines Scléroprotéines.
C.R. Acad. des Sc. 25 Mars 1942.
(sous presse)

1942 (Suite)

L. I35 C.T. BAUDOUY.- Sur la fixation du formol par les Scléro-protéines.
Bull. Soc. Chim. Biol.
(en préparation)

I36 H. GARRAULT.- Description d'un embryon humain au stade de la ligne primitive.
"Gynécologie et Obstétrique"
(sous presse)

I37 H. MAZOUÉ.- Sur le pigment de Stentor amethystium Leidy.
Bull. Soc. Zool. de France
(sous presse)

[illegible]

TITRES ET TRAVAUX SCIENTIFIQUES DE M.E. FAURE-FREMIET

(2ème exposé complémentaire, années 1942-1944)

I

TRAVAUX.

1°/ STRUCTURE DES PROTEINES FIBREUSES.

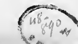
La formation des protéines fibreuses, dans les tissus animaux, se réalise suivant trois modes différents, et l'on peut ainsi distinguer :a) celles qui sont sécrétées par des organes glandulaires (ovokératines des Sauropsides, Koïline du gésier, pseudo-kératines des byssus de Lamellibranches et des pédoncules d'Infusoires Spirotriches, etc.); b) celles qui apparaissent sous forme de fibrilles en dehors des cellules (collagènes, ichtyocoles, élastoïdine des Sélaciens, cornéines des Anthozoaires, ascarocollagène cuticulaire de Nématodes, etc.) ;c) celles qui se forment dans le cytoplasme cellulaire (Kératines proprement dites, linome, etc.). Les propriétés physiques de ces substances; élasticité, anisotropie optique et magnétique, transformation thermique, s'accordent sur les données fournies par leur examen röntgenographique pour montrer qu'à chacun de ces modes de formation, correspond un type défini de structure et de disposition des chaines moléculaires (287). Cette constatation permet d'aborder l'étude de certaines "protéines de structure" (au sens BENSLEY et de SZENT-GYORGYI) et de montrer au cours de leur morphogenèse, l'intervention de facteurs d'ordre moléculaire et de "facteurs d'organisation" qui restent indéterminés (295, 296.)

2°/ CYTOLOGIE.

Les Protozoaires en général, et les Ciliés en particulier constituent un matériel extrêmement varié permettant d'aborder facilement, en période de difficulté matérielle, un grand nombre de problèmes cytologiques. Ils ont été utilisés pour des recherches cytochimiques (291, 295)

3°/ PROTISTOLOGIE.

L'utilisation des Infusoires Ciliés a conduit d'autre part à des observations morphologiques: révision du groupe des Urcéolaires fondés sur des données biométriques; (294) et description de deux formes nouvelles réalisant l'une et l'autre, par des procédés différents, le mode très particulier de fixation par un anneau (292,293).



ENSEIGNEMENT.

Les cours précédemment consacrés à la Cellule et à sa structure ont été complétés par un nouveau cycle de leçons. La rédaction de cet ensemble forme la matière de deux volumes sur "la Biologie cellulaire", actuellement sous presse..

III

SUITE DE L'INDEX BIBLIOGRAPHIQUE.

1943

291 Les globules de "Paraglycogène" chez Balantidium elongatum et Vorticella monilata. (avec J. THAUREAUX).
Bull. Soc. Zool. (sous presse)

292 Commensalisme et adaptation chez un Acinétien :Erastophrya Chattoni n. g. n. sp.
Bull. Soc. Zool. T . 68, p. 145.

293 Commensalisme et adaptation chez une Vorticellide : Epistylis Lwoffi n. sp.
Bull. Soc. Zool. T . 68, p. 154.

294 Etude Biométrique de quelques Trichodines.
Bull. Soc. Zool. T. 68, p. 158.

1944

295 Protéines de structure et cytosquelette chez les Urcéolaires (avec J. THAUREAUX).
Bull. Biol. (sous presse)

296 Le problème de l'organisation et ses aspects physicochimique
Revue Scient. (sous presse)

TITRES

ET

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

DE

M. E. FAURÉ-FREMIET

TITRES

ET

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

DE

M. E. FAURÉ-FREMIET

PARIS
MASSON ET Cie, ÉDITEURS
LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN

1928

TITRES ET FONCTIONS

TITRES SCIENTIFIQUES

Docteur ès sciences naturelles.
Lauréat de l'Académie des Sciences (Prix Martin Damourette, 1914).
Lauréat du Collège de France. (Fondation C. A. Peccot, 1910).

FONCTIONS SCIENTIFIQUES

Préparateur suppléant de la chaire d'Anatomie comparée au Museum National d'Histoire Naturelle. Juillet 1910.

Préparateur de la chaire d'Embryogénie comparée au Collège de France. Février 1911.

Sous-Directeur du laboratoire d'Embryogénie comparée au Collège de France. Octobre 1923.

Professeur suppléant de Zoologie et d'Entomologie à l'École Nationale d'Horticulture de Versailles, 1922-1926.

Suppléant du Professeur d'Embryogénie comparée du Collège de France, 1922-23, 1924-25, 1926-27.

FONCTIONS MILITAIRES

Attaché volontaire au Laboratoire de Vaccination anti-typhoïdique et de sérothérapie de l'Armée. Août 1914-décembre 1916.

Attaché volontaire au Laboratoire de Physiologie des Études Chimiques de guerre Novembre 1916-février 1917.

Mobilisé dans le même service. Février 1917.

SOCIETÉS SAVANTES

Membre de la Société de Biologie, 1918.

Membre du Conseil de la Société Zoologique de France, de la Société de Chimie Biologique, de la Société de Chimie Physique, de la Société Philomatique.

Ancien Secrétaire Général de la Fédération des Sociétés de Sciences Naturelles et de la Confédération des Sociétés Scientifiques Françaises.

Secrétaire de l'Union Internationale des Sciences Biologiques.

Expert pour les questions de Bibliographie Biologique auprès de l'Institut International de Coopération Intellectuelle, 1927.

Délégué par le Ministère de l'Instruction publique et le Collège de France au Congrès International de Zoologie de Budapest, 1927.

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

INTRODUCTION

Deux méthodes différentes peuvent être appliquées à l'étude de l'être vivant. On peut d'abord prendre cet être à un stade bien défini, démonter ses rouages, analyser leur composition, puis, observant la machine organisée pendant un temps court, on peut faire varier son fonctionnement et chercher à saisir ses mécanismes. Un cycle fonctionnel quelconque étudié dans ces conditions, met en jeu d'importants échanges de matière et d'énergie, mais à la fin du cycle le système est redevenu semblable à lui-même, et l'on retrouve sa structure et sa composition initiale; il apparaît ainsi que l'organisme possède une structure moyenne définie et une composition moyenne caractéristique, non seulement pour l'ensemble, mais encore pour chacun de ses tissus. En un mot, cet organisme peut être défini par un ensemble de caractéristiques et de constantes qui expriment non point l'immuabilité de sa composition, mais la stabilité d'un équilibre de régime.

On peut encore observer l'être vivant pendant un temps très long et suivre pas à pas sa forme, sa structure, son poids, sa composition, son fonctionnement. On constate alors une variation continue de tous ces éléments de caractérisation depuis l'origine jusqu'à l'impossibilité de continuer à vivre. La notion de valeurs spécifiques et constantes disparaît, et la variation elle-même devient la seule caractéristique de l'être organisé et la véritable expression de sa forme si l'on considère le temps comme un de ses paramètres.

Ces deux méthodes se complètent l'une l'autre, et la seconde est celle des sciences du développement; celles-ci ne sont pas, comme on pourrait le croire, un chapitre de la Biologie, car elles ne répondent pas à un objet spécial et limité. Elles sont la Biologie elle-même, vue sous un certain angle; elles étudient l'être vivant tout entier sous l'un de ses aspects.

L'Embryologie au sens strict n'est qu'un chapitre des Sciences du développement. Mais l'Embryologie doit être comprise dans un sens large.

Les recherches embryologiques doivent utiliser des techniques très diverses et s'appuyer sur plusieurs disciplines biologiques; elles sont à la fois descriptives et morphologiques, expérimentales et physiologiques.

Il y a plus de cent ans Prévost et Dumas, puis von Baer découvraient dans les follicules de de Graaf l'œuf proprement dit des Mammifères. Dix ans plus tard Schwann comparait déjà l'œuf et sa vésicule germinative à une cellule et à son noyau, et voici quatre-vingts ans que les observations de Bischoff, de Reichert, de Kölliker et plus récemment de Wirchow, ont fait connaître l'aspect cellulaire du développement des animaux depuis les premiers stades jusqu'à la formation des tissus et des organes.

L'histologie, née des travaux de Bichat et l'organogenèse née des travaux de C.-Fr. Wolff étaient reliées dès lors par un domaine commun, la *Cytologie*.

Les mécanismes morphologiques de la fécondation et de la segmentation, la série des transformations qui construisent l'embryon didermique, les phénomènes de plissements, d'invagination, de délamination par quoi se forment les ébauches, la différenciation cellulaire conduisant à la réalisation des différents tissus, sont bien connus aujourd'hui par leur aspect cytologique et histologique. Mais leur importance fondamentale, comme mécanisme essentiel de la morphogénèse, n'a pu être établie que par la comparaison du développement chez des types zoologiques très divers; une vaste documentation patiemment rassemblée et non encore terminée aujourd'hui, constitue l'*Embryogénie comparée*.

L'étude descriptive de la différenciation cellulaire, de l'histogenèse et de l'organogenèse conduit à la recherche de leurs mécanismes : ce sont d'abord les mécanismes cellulaires d'accroissement et de division comme aussi d'influence réciproque entre les cellules d'un même ensemble organisé dont on peut en aborder l'analyse par la méthode nouvelle des cultures *in vitro*; ce sont aussi les mécanismes généraux de la croissance : métabolisme, processus chimique et énergétique des synthèses, actions humorales et hormoniques, etc.; il existe dès lors *une Physiologie générale du développement* comme une *Physiologie spéciale de l'embryon*, définie par Preyer, et qui a pour objet les conditions particulières des rapports du fœtus avec l'organisme maternel ou avec les organes qui lui sont temporairement annexés ou surajoutés. Le sens large que nous avons convenu de donner aux recherches embryogéniques, ne permet plus de nous arrêter ici; les processus de l'histogénèse ne sont pas limités à la période embryonnaire ou fœtale; pendant la croissance post-fœtale comme pendant la période d'apparent équilibre qui caractérise l'état adulte, les régénérations de tissus ou d'organes, les processus cicatriciels, les productions de tissus néoplasiques ou cancéreux sont encore du domaine des sciences du développement; dans le cadre normal lui-même, de lentes transformations modifient la structure des tissus comme leurs conditions fonctionnelles, conduisant l'organisme à la vieillesse et à sa conclusion fatale.

Il existe une *Cinétique du développement* qui introduit le temps dans la définition de l'individu en utilisant la notion de vitesse et en cherchant la mesure de sa variation pour toute une série de processus. Ce nouveau champ d'étude nous conduit au problème de la sénescence, dont on sait aujourd'hui qu'elle ne représente pas une nécessité profonde de la vie, puisque les lignées de cellules conjonctives ou de Protozoaires peuvent être cultivées indéfiniment *in vitro* en conservant intact leur pouvoir de croissance. La sénescence obligatoire des Métazoaires serait-elle donc liée à leur organisation complexe dont le développement progressif suppose une variation continue des conditions de vie cellulaire? S'il en est ainsi, la formation des cellules sexuelles et les phénomènes de la fécondation qui permettent le renouvellement du cycle individuel prennent une nouvelle signification; mais tandis que ces faits nous conduisent vers les problèmes de l'hérédité et le domaine de la *Génétique*, ils nous obligent à considérer de nouveau les mécanismes cellulaires et protoplasmiques sur lesquels, malgré les efforts de plusieurs générations, nous sommes encore peu avancés.

Pour comprendre les mécanismes du développement au sens le plus large du mot, il faudrait d'abord connaître mieux la cellule, sa composition, le travail chimique dont elle est le lieu, les forces physiques qu'elle met en jeu, le rôle de ses dimensions quant à la forme, à l'orientation et au rendement de ses mécanismes.

On a utilisé des objets favorables tels que les Protozoaires et les cellules sexuelles que l'on manie facilement grâce à leur taille, à leur nombre et au milieu simple dans lequel ils peuvent vivre, pour expérimenter sur le protoplasma; on a pu définir et parfois mesurer ses caractéristiques physico-chimiques; d'importantes données sont acquises, mais sans doute devrons-nous attendre des physiciens et des chimistes une étude plus complète de l'état colloïdal et des phénomènes moléculaires pour réaliser de nouveaux progrès.

Ce n'est pas tout; le fonctionnement de l'être vivant étudié pendant un temps court, est lié à sa structure, dont on suit l'édification et les transformations progressives en étudiant le développement de cet être pendant un temps long; quel que soit celui des points de vue sous lequel on aborde les phénomènes biologiques, il existe un problème de l'*Organisation* qui reste commun à tous.

On peut espérer que l'analyse des mécanismes par lesquels se réalise la structure permettra d'en comprendre la signification; mais il ne faut pas encore confondre ces mécanismes avec l'organisation elle-même; celle-ci peut être absolument indépendante, en particulier, de la structure multicellulaire et des processus histogéniques qui se superposent à son développement. Les Protozoaires sont souvent de véritables organismes dont la structure extrêmement complexe se différencie dans une masse protoplasmique cellulairement indivisée. Et de même l'œuf est un élément bien spécialisé chez lequel, à certains stades, l'architecture de l'embryon est

déjà réalisée sous une forme « potentielle » avant que d'être découpée par la segmentation en territoires cellulaires. Les recherches de Lillie, de Brachet, de Spemann sur la formation du plan de symétrie, sur le croissant gris des Anoures et l' « organisateur » des Urodèles sont comparables aux recherches de Wallengren et de Calkins sur la reconstitution des individus-filles et sur la zone de division des Infusoires Hypotriches. Bien qu'il soit encore prématuré de relier ces faits à un domaine connu (physico-chimique par exemple) de nos connaissances actuelles, l'*Embryologie causale*, née de la *Mécanique du développement*, étudie sous sa forme la plus typique — et la plus profonde peut-être — ce problème des structures organisées; elle possède aujourd'hui ses méthodes et ses techniques particulières qui en font l'un des plus riches domaines des sciences du développement.



Né dans une famille d'artistes, où mes parents furent mes premiers éducateurs, c'est peut-être en apprenant à regarder la forme des êtres et des choses, comme en comprenant la mouvante unité d'un dessin mélodique que je fus dirigé vers l'étude de l'être vivant. Plus tard, je travaillai le dessin et la peinture dans l'atelier de mon grand-père Fremiet et je suivis au Museum l'enseignement de mon maître E. Perrier en un temps où les théories de l'évolution excitaient encore l'enthousiasme par leur aspect philosophique. Enfin j'appris les méthodes du laboratoire et la réflexion sur les phénomènes accessibles à l'expérience au Collège de France auprès de mon maître Henneguy.

Mes premières observations ont porté sur les Protozoaires; zoologie et cytologie à la fois. L'étude des structures cellulaires m'a conduit vers les questions de microchimie et j'ai eu la chance de collaborer avec A. Mayer et G. Schaeffer. J'ai abordé ensuite quelques problèmes relatifs à l'évolution des cellules sexuelles, aux mécanismes de la fécondation et de l'histogénèse, à la multiplication cellulaire et à la croissance. J'ai eu l'honneur d'exposer quelques-unes de ces recherches effectuées à l'instigation et sous le contrôle éclairé de mon maître Henneguy en le suppléant dans son enseignement au Collège de France.

Les pages suivantes résument mes publications dans un ordre que j'ai voulu logique et coordonné; il ne correspond aucunement à celui dans lequel j'ai travaillé; c'est que le hasard lui aussi est un maître et un éducateur.

CYTOLOGIE

I. — CARACTÈRES GÉNÉRAUX DU PROTOPLASMA

En 1835 Dujardin définissait le protoplasma — le « sarcode » des Infusoires — comme une substance homogène dont il mettait au premier plan les propriétés physico-chimiques : viscosité, coagulabilité, réfringence, pouvoir d'imbibition, instabilité. Les progrès de la technique microscopique permirent cependant d'étudier une structure fine de ce protoplasma, structure qui semblait indispensable pour comprendre les phénomènes multiples dont il est le siège; différentes théories s'appuyaient sur les différentes sortes de structures observées : granulaire, alvéolaire, réticulaire, filaire, bien que Henneguy et Fischer aient déjà montré le caractère artificiel de ces aspects, variables suivant les réactifs utilisés.

Mes premières observations — effectuées *in vivo* — sur des Infusoires ciliés [**3**, **5**, **20**, **22**, **27**, **35**, 1904-05], me montraient l'existence d'une substance fondamentale homogène, identique au *sarcode* de Dujardin que les réactifs pouvaient coaguler en un réseau, mais dans laquelle s'observaient de petits éléments absolument constants, identiques aux « sphérules » de Kunstler, dont la disposition pariétale et les altérations provoquaient l'apparition d'une structure alvéolaire au sens de Bütschli. Je devais identifier peu après ces « sphéroplastes » aux mitochondries que Benda venait de découvrir entre 1899 et 1903.

D'autres types de Protozoaires me montraient la généralité de cet aspect, et je pouvais modifier les propriétés physiques de la substance fondamentale en utilisant les vapeurs d'alcool et des réactifs divers, liquéfiants ou précipitants, ce que je vérifiais à la fois par les variations de l'aspect observé et par de grossières expériences de micro-dissection.

L'application au protoplasma de la notion de colloïde apportée par les travaux de Greeley (1904), de C. Schneider (1906), par le rapport de Mann (1906) et les observations à l'ultra-microscope de Gaidukow (1907) étaient alors toutes nouvelles.

Examinant les Protozoaires avec l'éclairage sur fond noir, je retrouvais en 1908 les faits que Mayer et Schaeffer venaient de décrire chez diverses cellules;

la substance fondamentale homogène — obscure ou légèrement opalescente — est un gel et non point un sol au sens de Gaidukow; elle contient des inclusions variables plus ou moins brillantes; les sphérules protoplasmiques — les mitochondries — sont faiblement mais constamment visibles; enfin cette substance peut être séparée de l'eau soit par une simple interface, soit par une pellicule ou une cuticule plus ou moins différenciée.

II. — LES MITOCHONDRIES

A) Structure et disposition du chondriome [**43**, **44**, 1907; **60**, **63**, **69**, 1909; **76**, **78**, **83**, 1910; **97**, **98**, **103**, **104**, **107**, 1911; **109**, 1912].

L'emploi du peroxyde d'Osmium m'avait permis dès 1905 de préciser les caractères morphologiques des « sphérules » protoplasmiques que je pus colorer (1907) par la méthode de Benda en les identifiant aux mitochondries.

Les mitochondries se retrouvent chez tous les Protozoaires; chez les Infusoires ciliés ce sont généralement des granules ou de courts bâtonnets qui semblent se diviser en même temps que la cellule; elles sont réparties à peu près régulièrement dans toute la masse protoplasmique, mais d'autre part leur accumulation dans la couche ectoplasmique est responsable de l'aspect souvent décrit après altération, d'une couche alvéolaire de Bütschli. Chez certaines Vorticellides, il existe une région basale différenciée, de structure fibrillaire, dans laquelle on n'observe pas de mitochondries, mais qui peut contenir des granulations bien différentes et temporaires dont j'ai montré qu'il s'agit de grains de sécrétion ou de réserves lipoïdes.

L'étude des cellules sexuelles — œuf et spermatozoïde — montre que les mitochondries se présentent avec des caractères identiques chez les Protozoaires comme chez les Métazoaires (fig, 1), malgré de grandes diversités d'aspect créées par la différenciation des structures cellulaires : fibre contractile du pédoncule des Vorticelles, tentacule de la Noctiluque (fig. 2), filament spiral des spermatozoïdes, par exemple. J'ai résumé tous ces faits dans une revue d'ensemble (1910) et j'ai décrit ultérieurement quelques dispositions particulières de l'appareil mitochondrial soit dans des œufs, soit au cours de la segmentation (*Ascaris*), soit dans divers tissus (organe électrique de la Torpille, avec Mironesco 1911), etc.

B) Composition des mitochondries [**71**, **73**, **74**, 1909; **79**, **80**, **93**, 1910; **129**, 1913; **171**, 1921].

La généralité de l'existence des mitochondries laisse supposer leur importance physiologique. Quelle est leur constitution? Mes observations sur les Infusoires

m'avaient conduit à l'idée qu'elles renfermaient un constituant lipoïde, au même moment que Regaud arrivait à cette même conclusion en étudiant les cellules des Métazoaires.



Fig. 1. — *Trichodinopsis paradoxa* fixé sur l'épithélium intestinal du *Cyclostoma elegans*. — *Ma*, macronucleus ; *Mi*, micronucleus. On distingue dans le cytoplasma quelques myoïdes et une coupe du Vestibule ; *M*, mitochondries ; *G*, globules graisseux. Remarquer les mitochondries des cellules épithéliales qui sont de plus petites dimensions que celles de l'Infusoire ; mais leurs propriétés sont identiques.

Avec Mayer et Schaeffer nous avons d'abord soumis à une analyse critique toutes les techniques de fixation et de coloration capables de déceler les mitochondries

d'une manière élective, puis nous avons systématiquement appliqué *in vitro* les différents temps de ces techniques à des corps gras chimiquement purs : acides et glycérides, puis à divers phosphatides, enfin à des complexes tels que les lécithalbumines.

Nous avons ainsi étudié la fixation directe des colorants par ces diverses substances lipoïdes; puis les rôles des fixateurs qui permettent de les insolubiliser et de les colorer après les manipulations nécessitées par les techniques histologiques; nous avons montré que ceux-ci sont des précipitants énergiques (sels de métaux

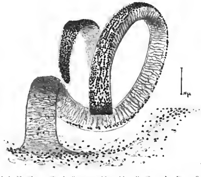


Fig. 2. — Tentacule de la *Noctiluca miliaris*. Osmium réduit, bleu d'aniline alcoolique. On distingue la striation transversale de la partie contractile et la couche mitochondriale. L'ectoplasma, dont il est figuré un lambeau, contient un grand nombre de mitochondries.

lourds), ou des oxydants (CrO^3, $Os\,O^4$) déterminant la formation d'oxyacides très peu solubles.

Les mitochondries semblent être constituées par un complexe lipo-protéidique très riche en phosphatides. Les recherches de Mayer, Schaeffer et Rathery ont vérifié ce fait, et dans différents cas : œuf d'*Ascaris*, etc., j'ai pu isoler par les méthodes chimiques, des lipoïdes phosphorés présentant les mêmes caractères microchimiques que les mitochondries de la cellule étudiée.

Les propriétés microchimiques des mitochondries peuvent différer dans une certaine mesure; leur labilité à l'égard des réactifs fixateurs ordinaires est variable, ce qui peut déterminer des confusions; j'ai discuté de tels cas au cours des phénomènes de l'oogénèse et de la vitellogénèse. Par contre, il m'a semblé que dans l'oocyte de *Sabellaria* les mitochondries n'apparaissent plus sous une forme figurée à certains stades où toute la masse protoplasmique semble très riche en substances lipoïdes extrêmement dispersées.

III. — PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DU PROTOPLASMA

A) STRUCTURE [**78**, 1910; **108**, 1912; **193**, 1925].

La substance fondamentale du cytoplama, correspondant au *sarcode* de Dujardin, ne se présente pas toujours sous l'aspect d'une gelée homogène; chez divers Infusoires, elle est constituée par deux substances au moins, non miscibles l'une à l'autre dans les conditions normales, qui se distinguent à première vue par leur indice de réfraction et leur viscosité (fig. 3). Ce fait suggère que d'une manière plus générale, le cytoplasma et ses inclusions peut être considéré comme un système hétérogène comportant différentes phases en équilibre; celles-ci diffèrent par leur teneur en eau, en substances protéiques et en lipoïdes, mais certaines d'entre elles ont une structure complexe déjà d'ordre colloïdal, et le système ne peut être actuellement défini ni par sa complexité chimique, ni par son degré d'hétérogénéité, ni par sa variance; l'essai tenté dans cette voie par Zwaardemaker doit être seulement considéré comme très suggestif parce qu'il suppose que la cellule est un ensemble dont les constituants physiquement distincts sont liés les uns aux autres par des conditions d'équilibre.

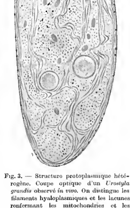


FIG. 3. — Structure protoplasmique hétérogène. Coupe optique d'un *Urostyla grandis* observé *in vivo*. On distingue les filaments hyaloplasmiques et les lacunes renfermant les mitochondries et les noyaux (600 × diam.).

B) VARIATION EXPÉRIMENTALE DES CONDITIONS D'ÉQUILIBRE PROTOPLASMIQUE [**100**, **101**, 1911; **108**, 1912; **127**, 1913; **191**, 1924; **214**, **215**, 1927].

En fait, l'équilibre des constituants du protoplasma cellulaire peut être modifié en changeant les conditions du milieu. Lorsqu'un protoplasma présente deux phases protéiques hydratées distinctes, la plus visqueuse peut former un système filaire, ou un réseau à larges mailles, ou limiter des vacuoles, l'ensemble étant alors comparable à une émulsion (fig. 4). C'est ce que l'on observe chez

quelques Infusoires : *Condylostoma*, *Spirostomum*, *Stentor*; dans de tels cas, en ajoutant au milieu un excès de Mg ou de Ca on peut inverser les rapports des deux phases protoplasmiques. L'adjonction au milieu d'une assez forte proportion de $MgCl^2$ peut amener la précipitation, visible à l'ultra-microscope, d'un constituant protoplasmique tel qu'une globuline, et l'Infusoire entier devient rigide et immobile; chez un *Condylostoma* vivant dans des milieux fortement concentrés

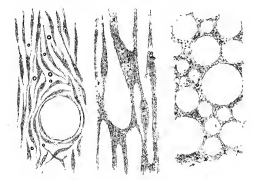


Fig. 4. — Trois types de structures protoplasmiques hétérogènes observés *in vivo* chez des Infusoires ciliés.

(marais salant), cette précipitation est réversible et sa disparition coïncide avec le retour du mouvement.

On peut enfin montrer que la teneur en eau du protoplasma varie suivant la nature du cation en excès dans le milieu (observations et mesures faites avec Nichita sur les amibocytes de l'Étoile de mer), ou suivant la température (œuf de Sabellaria). De même encore la viscosité protoplasmique varie en fonction de la température, comme je l'ai montré en 1913 par des mesures du déplacement des granulations entracytoplasmiques sous l'influence d'une centrifugation à vitesse constante; il semble d'ailleurs que, passé une température critique, cette variation de viscosité ne soit plus réversible, comme si les constituants protoplasmiques étaient normalement dans un état de faux équilibre.

C) État rigide et état visqueux [**195**, **201**, 1925; **206**, 1926; **212**, 1927].

On verra plus loin (Histogenèse expérimentale) qu'un grand nombre de cellules peuvent exister sous deux états que l'on peut nommer : état quiescent et état actif.

L'*Amoeba radiosa* par exemple, est une forme flottante caractérisée par de longs pseudopodes acuminés rigides et élastiques; comme l'ont montré Penard et Doflein et comme j'ai pu le vérifier, il suffit d'un ébranlement mécanique pour que l'*Amoeba* devienne fluide et visqueuse et prenne le type *proteus* ou *limax*. Cette transformation protoplasmique est réversible, mais tandis qu'elle est très rapide dans le sens état rigide→état fluide, elle est très lente en sens contraire; elle rappelle de très près les phénomènes de « thixotropie » décrits par Freundlich dans le cas de certains gels.

Ce mode de transformation est très important à considérer dans le cas des cellules du type conjonctif et particulièrement de certaines cellules mobiles telles que les Amibocytes des Invertébrés, dont on verra qu'ils sont comparables aux histiocytes des Vertébrés. Sous la forme rigide ou quiescente, ces cellules sont élastiques et présentent des formes parfois très compliquées avec tendance à la symétrie. Sous la forme fluide, la masse protoplasmique se sépare en deux constituants, le granuloplasma central et le hyaloplasma périphérique (kinoplasma de Renaut) à partir duquel des pseudopodes lamellaires se constituent; la cellule est, sous cette forme, douée d'un pouvoir phagocytaire intense. Ici encore la transformation dans ce sens est très rapide tandis que le retour à l'état rigide est beaucoup plus lent. Certains phénomènes d'anisotropie optique à l'état rigide font penser que sous cette forme le cytoplasma cellulaire présente au moins un constituant à l'état smectique ou nématique.

IV. — PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DU NOYAU

[**17**, 1905; **68**, **70**, 1909; **76**, **77**, 1910].

L'aspect granuleux présenté en dehors des périodes de divisions par un grand nombre de noyaux cellulaires est lié à l'état physique des nucléoprotéides très peu solubles en milieu salin neutre et faiblement concentré.

En observant à l'ultra-microscope certains grands noyaux de ce type (macronucleus d'Infusoire, noyaux de cellules glandulaires d'Arthropodes, etc.), on distingue nettement de fins granules qui s'animent de mouvements browniens lorsque le noyau se gonfle au contact de l'eau distillée. L'addition ménagée de NaOH $\left(\frac{N}{1\,000} \text{ à } \frac{N}{500}\right)$ fait disparaître ces granules et le contenu du noyau, d'abord nébuleux mais amicronique, devient à peine opalescent, puis parfaitement obscur; ceci d'une manière réversible. En présence de solutions salines concentrées on observe le même accroissement du degré de dispersion. J'ai constaté d'autre part que le macronucleus des Infusoires marins est presque toujours obscur à l'ultra-microscope, ce qui peut tenir à la concentration saline du milieu; il devient opalescent ou granuleux au contact de l'eau distillée ou d'un milieu légèrement acide.

V. — PROPRIÉTÉS DES SURFACES CELLULAIRES

A) Perméabilité [**182**, **183**, 1923; **191**, 1924].

L'œuf de *Sabellaria* est une cellule sphérique qui se prête facilement à des mesures micrométriques permettant de calculer son volume. Ce volume varie régulièrement en

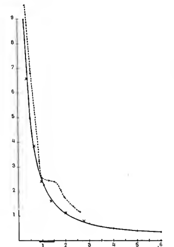


Fig. 5. — Variation de l'eau d'imbibition de l'œuf de *Sabellaria* en fonction de la concentration active $\left(C = \frac{\Delta t}{k}\right)$ de solutions de sucre (croix ×) et de solutions d'urée (pointillé ...). — Le trait plein est la courbe théorique correspondant à l'hémiperméabilité parfaite de la surface de l'oocyte (l'eau est calculée par rapport à 1 gramme de substances sèches). Les concentrations compatibles avec le développement normal sont indiquées par un trait renforcé.

fonction de la concentration moléculaire du milieu, et si l'on tient compte du volume invariable de substances sèches, on constate qu'en présence des solutions de saccharose de concentration connue la variation volumétrique obéit à la loi de Mariotte avec un écart maximum de 8 p. 100 (fig. 5). L'œuf se comporte donc comme si la couche protoplasmique limitante était imperméable au sucre et perméable à l'eau; elle est au contraire perméable à l'urée. En présence des solutions de quelques chlorures, on constate des écarts plus forts qu'avec le sucre et de signe positif comme si la cellule présentait une légère perméabilité plus forte d'ailleurs pour NaCl que pour $MgCl^2$ ou $CaCl^2$. Aux très fortes concentrations (Δ — 4° à —5°,5) on observe une brusque cytolyse.

B) Charge électrique et agglutination [**213**, **214**, **215**, 1927].

Avec G. Nichita nous avons étudié, en mesurant les vitesses de transport pa cataphorèse, comment varie la charge électrique superficielle des amibocytes de quelques Invertéhrés, en fonction de la concentration en ions H, et en présence de quelques cations : K, Na, Mg, Ca, La. Ceux-ci se groupent généralement d'après leur valence en ce qui concerne la diminution ou l'inversion de la charge négative des amibocytes, mais dans le cas des cellules d'Arénicole, par exemple, il existe une anomalie dans le groupe des cations bivalents comme si la surface cellulaire fixait une grande quantité de calcium sur l'un de ses constituants chimiques.

L'agglutination des amibocytes ne se produit pas nécessairement, comme pour les poudres ou les Bactéries, lorsque la charge superficielle est nulle ou faible (potentiel critique); elle dépend essentiellement du passage à l'état actif conditionné surtout par la concentration en ions H, indépendamment de la valeur et du signe de la charge électrique. Cependant, l'adhésivité des lames protoplasmiques hyalines caractéristiques de l'état actif est modifiée qualitativement par la prédominance de tel ou tel cation dans le milieu, phénomène très important à l'égard de la stabilité des agglutinats cellulaires et des processus de la phagocytose.

VI. — DIVISION CELLULAIRE

A) Mécanique de la mitose [**127**, 1913; **191**, 1924].

On sait par les expériences de microdissection que le cytoplasma cellulaire subit au moment de la division une gélification partielle; il se constitue un système rigide

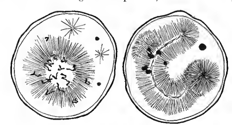


Fig. 6 — Développement anormal de la sphère attractive et de la figure astérienne chez des œufs de *Sabellaria* placés à 28° C.

formé par les deux asters et le fuseau central; la surface cellulaire peut être gélifiée également au contact de l'aster dans les régions polaires.

J'ai montré chez l'œuf de *Sabellaria* quel peut être le rôle de l'inégalité des masses astériennes en ce qui concerne la mécanique des divisions de maturation et de segmentation. On peut modifier l'évolution de ces mitoses soit en provoquant la formation d'asters accessoires (action des températures élevées), soit en modifiant la surface cellulaire par des substances qui abaissent la tension superficielle (fig. 6 et 7). Dans ce cas la division nucléaire se produit seule et l'on observe dans les

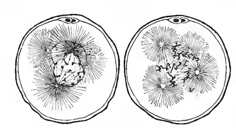


Fig. 7. — Division nucléaire de segmentation sans division protoplasmique chez un œuf de *Sabellaria* traité par les sels biliaires.

mitoses de segmentation ultérieures des figures multipolaires assurant une inégale distribution des chromosomes.

Chez l'œuf d'*Ascaris* on peut obtenir dans des conditions diverses l'asynchronisme de la division nucléaire et de la division protoplasmique.

B) Action des radiations [**118**, 1912; **125**, **127**, 1913].

Avec Regaud nous avons repris après Perthes et P. Hertwig (1912) l'étude de l'action des rayons X sur la division de l'œuf d'*Ascaris*; l'action immédiate (effet primaire) se manifeste seulement si la cellule est irradiée au début de la mitose; d'autre part les cellules de segmentation qui ont subi la différenciation somatique sont devenues presque insensibles à l'irradiation. La sensibilité aux rayons X est donc liée non seulement à l'état de dispersion de la chromatine, mais encore à l'état particulier représenté par les grands chromosomes sexuels.

Avec V. Henri et Wurmser nous avons étudié l'influence des rayons ultra-violets sur le même matériel. On obtient un effet de ralentissement des vitesses de division qui est maximum pour le rayonnement de 2 800 Å. Si l'on détermine en fonction du temps les valeurs de l'énergie incidente nécessaire pour produire un retard constant, on obtient une courbe qui passe par un minimum (fig. 8); on peut supposer que le ralentissement de la vitesse de division est un phénomène complexe dépendant à

la fois d'une action photochimique qui détruit les réserves énergétiques de l'œuf proportionnellement à la quantité d'énergie irradiée et du processus normal des oxydations qui, continuant à s'effectuer si l'irradiation ultra-violette est d'intensité faible et de longue durée, compense dans une certaine mesure l'action de celle-ci.

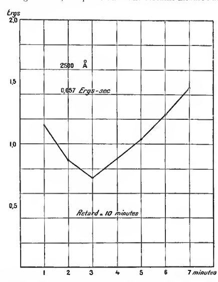


Fig. 8 — Courbe de la quantité d'énergie pour produire en fonction de la durée d'irradiation ultra-violette, un retard de la première division de segmentation égal à 10 minutes En ordonnées, les quantités d'énergie exprimées en ergs, et calculées pour un œuf. En abscisses, les durées d'irradiations en minutes. — Expérience faite avec les radiations de = 2 500 A.; quantité d'énergie reçue par un œuf = 0,057 erg-seconde. La courbe passe par un minimum avant que le ralentissement ne tende vers l'infini; la quantité d'énergie nécessaire pour produire un retard constant s'accroît ensuite proportionnellement au temps.

C) Énergétique de la division [**127**, 1913; **191**, 1924; **193**, 1925].

Spaulding (1904) a cherché une estimation du travail représenté par les mécanismes de la division cellulaire (déformation, accroissement de l'énergie de surface, travail de frottement interne) en mesurant la valeur du travail d'arrêt que l'on peut lui opposer. Vlès a repris plus récemment cette méthode en utilisant la pression osmotique.

Avec Wurmser et V. Henri j'ai montré que la quantité d'énergie reçue par un œuf d'*Ascaris* et nécessaire pour arrêter la première mitose de segmentation (ralentissement à l'infini) en utilisant les radiations les plus actives (2 800 Å) est égale à 27 ergs.

D'autre part j'ai calculé d'après les chaleurs de combustion, l'énergie libérée par l'œuf pendant la durée de cette mitose et j'ai trouvé 52 ergs, soit une valeur de même ordre de grandeur que la précédente ; la notion de travail d'arrêt et sa mesure ne peuvent être utilisées cependant qu'avec une grande circonspection pour l'interprétation énergétique de la division cellulaire ; j'ai discuté ultérieurement quelques aspects de cette question.

D) Division cellulaire et différenciation [**84**, 1910].

Des expériences de mérotomie effectuées pendant la division d'une Infusoire Hypotriche de grande taille, l'*Urostylis grandis*, m'ont permis de montrer que la différenciation des deux cellules filles aux dépens d'une cellule mère n'est pas un phénomène brusque ; il existe une période pendant laquelle une région cytoplasmique déterminée peut donner naissance aussi bien aux cirres transversaux postérieurs de l'individu antérieur qu'aux cirres frontaux de l'individu postérieur, tandis qu'à un stade plus avancé cette même région cytoplasmique ne peut plus donner naissance à autre chose que ce à quoi *sa situation* l'avait destinée.

II. — MOUVEMENTS CELLULAIRES

A) Mouvement ciliaire [**28**, **32**, 1906 ; **51**, **52**, **54**, 1908 ; **67**, 1909].

Le mouvement de progression d'un Infusoire est déterminé par le sens de battement de ses cils vibratiles ; la forme de la trajectoire suivie est influencée par la forme du corps et la disposition anatomique de l'appareil ciliaire ; les excitations mécaniques provoquent des arrêts ou des renversements de sens du mouvement plus ou moins comparables à des réflexes.

B) Mouvement contractile [**123**, 1913]. (Voir Protozoaires.)

J'ai étudié la structure d'un grand nombre de différenciations cellulaires contractiles : tentacules des cellules de Leuckart de l'Ascaris, tentacule de la Noctiluque, de l'*Erythropsis*, fouet protoplasmique de *Tontonia*, pédicule des *Tintinnoïdiens* et des *Vorticellides*, etc.

Le pédoncule des Vorticellides comporte une fibre musculaire lisse très différen-

ciée, reliée à un système de myoïdes ectoplasmiques; avec M. Lapicque nous avons montré que l'excitabilité électrique de cette fibre suit exactement la forme de la loi générale constatée chez les Métazoaires; la chronaxie est du même ordre que celle des muscles rapides des Invertébrés.

C) Mouvement amiboïde [**196**, 1925; **212**, 1927].

On a décrit sous le nom de mouvement amiboïde des manifestations diverses de la déformabilité cellulaire; les phénomènes d'étalement et de glissement sont particulièrement intéressants à considérer comme mécanisme très général (Histogenèse, cultures de tissus). Après Tait j'ai repris l'étude des conditions physiques très complexes de ce mouvement de glissement; avec Ephrussi nous avons montré qu'il ne peut être caractérisé par un coefficient de température déterminé, comme le mouvement amiboïde vrai semble pouvoir l'être d'après Pantin.

VIII. — MICROCHIMIE ET TECHNIQUE

Microchimie des corps gras [**79**, **80**, **93**, 1910]. (Voir Mitochondries.)

Détection microchimique des carbures injectés dans les tissus [**137**, 1917; **147**, **148**, 1920; **167**, 1921].

Réaction microchimique de la cellule granuleuse du poumon [**155**, **162**, 1920; **186**, 1923].

Après fixation par un liquide au formol et au chlorure de Cadmium on obtient la formation d'un précipité brun caractéristique au niveau des inclusions lipoïdes de la cellule granuleuse de l'alvéole pulmonaire; en remplaçant Cd par Pb, il se forme de la même manière un précipité noir; cette réaction semble due à la formation d'un sulfure.

Divers.

Étude du pigment de *Fabrea salina* [**102**, 1911].

Localisation du glycogène dans le foie et les muscles des Chiens nourris en vue de la production maximale de cette réserve; comparaison chez des Chiens de différents âges (avec Mme Gruzewska) [**165**, 1921; **187**, 1923].

Modification de la cellule hépatique du Rat sous l'action de l'endosmose électrique (avec P. Girard) [**173**, 1921] (fig. 9).

Platine permettant la centrifugation d'une préparation microscopique [**111**, 1912].

Emploi de l'éclairage par réflexion pour l'examen des lames minces protoplas-

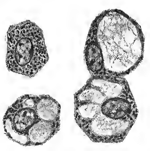


Fig. 9. — Cellules hépatiques normales ou gonflées sous l'action de l'endosmose électrique.

miques et la mesure de leur épaisseur (voir Histogenèse expérimentale) [**218**, 1928].

EMBRYOLOGIE

I. — CONSTITUANTS CHIMIQUES DES CELLULES SEXUELLES

A) Méthodes chimiques et microchimiques [180, 1922].

Il est nécessaire, si l'on veut aborder l'étude physiologique et énergétique des premiers stades du développement, de savoir quelles sont les substances qui entrent en jeu dans les transformations observées, et par conséquent d'être documenté sur la composition des cellules sexuelles et plus particulièrement de l'œuf.

Dans ce but, on peut employer les techniques ordinaires de la chimie biologique en opérant sur des quantités d'œufs suffisantes; mais cette méthode ne renseigne aucunement sur la distribution des substances que l'on peut caractériser, isoler et doser, ce qui devient un grave inconvénient lorsque l'on veut relier les données chimiques ainsi obtenues aux aspects morphologiques du développement.

On peut encore utiliser les méthodes microchimiques, qui ne présentent plus ce défaut; mais outre que celles-ci ne sauraient être quantitatives, le petit nombre des réactions véritablement spécifiques utilisables en histochimie en restreint considérablement l'utilité.

Un grand nombre de substances de réserve existent à l'état d'inclusions solides ou liquides dans le cytoplasma de l'œuf; on peut les distinguer par les méthodes histologiques de fixation et de coloration, en ne demandant à celles-ci qu'une indication générale sur la nature chimique des corps observés. Utilisant ensuite les solubilités diverses des constituants du système protoplasmique, on peut réaliser la séparation mécanique par lavage, décantation, et centrifugation ou par dissolution et précipitation, d'un grand nombre de principes immédiats que l'on peut ensuite, après vérification de leurs propriétés sous le microscope, étudier par les moyens chimiques ordinaires.

De tels procédés avaient déjà donné de précieux résultats entre les mains de Valencienne et de Fremy. J'ai pu les appliquer à un grand nombre de cas différents en subordonnant chaque fois les techniques ou les artifices de séparation aux données fournies par l'examen de l'œuf vivant ou traité par les méthodes histologiques.

B) Oocyte d'Ascaris Megalocephala [**113**, **114**, **122**, **127**, **136**, 1912-1913].

La composition globale de l'oocyte d'Ascaris frais peut se résumer ainsi :

Eau	75,0
Glycogène	5,2
Lipides divers	5,8
Substances azotées	13,3
Substances minérales	0,7

L'oocyte d'Ascaris depuis le début de sa période de croissance jusqu'au moment où il atteint l'état d'équilibre de maturité est une cellule piriforme dans laquelle s'accumulent d'abord des gouttelettes de graisses neutres, plus du glycogène et deux sortes d'inclusions décrites par Van Beneden sous le nom de cristalloïdes et de sphères hyalines.

Les cristalloïdes fondent un peu au-dessous de 40°C; ils sont solubles surtout à chaud dans tous les solvants des graisses; ils ne réduisent ni OsO^3 ni CrO^3 et se teignent seulement par le rouge Sudan et le bleu de Naphtol naissant (Méthode de A. Meyer).

Les lipoïdes extraits des oocytes constituent environ 21 p. 100 du poids sec; ce chiffre se décompose ainsi :

Phosphatides	3,2
Graisses neutres	2,4
Cholestérine	0,11
Éther ascarylique	15,6

L'éther ascarylique, facile à séparer par cristallisation fractionnée, est un corps blanc, d'aspect gras, cristallisable, fondant à 39°C, et dont les propriétés permettent de l'identifier aux cristalloïdes de Van Beneden; après saponification en milieu alcoolique, on sépare de l'acide formique et un corps cireux cristallisant en aiguille par refroidissement de ses solutions et fondant à 82°C. Leroux l'a étudié; il a obtenu un dérivé acétylé fondant à 50°; il existe donc une fonction alcoolique, et Flury qui venait d'extraire ce corps (1912) de l'Ascaris total sans connaître sa localisation l'avait déjà désigné sous le nom d' « Ascarylalkohol »; cependant Leroux a pu mettre en évidence une fonction basique; il admet pour cet acide-alcool la formule suivante : $C^{20}H^{40}O^2$ correspondant à

$$C = 73,15 \text{ et } H = 12,20.$$

Il est remarquable de constater que ce corps est absolument caractéristique du métabolisme de l'oocyte et ne se retrouve dans aucune autre cellule ou tissu de l'Ascaris.

Les phosphatides sont probablement les constituants principaux des mitochondries (voir Cytologie); les graisses neutres existent sous forme de gouttelettes aux premiers stades de la croissance des oocytes.

Le glycogène existe en grande quantité dans les oocytes dont il constitue 21 p. 100 du poids sec; sa détection microchimique montre qu'il apparaît lorsque les graisses neutres disparaissent, et qu'il imprègne toute la masse cytoplasmique.

Après l'hydrolyse alcaline des oocytes, il reste un résidu insoluble dans lequel on retrouve les sphères hyalines de Van Beneden; la comparaison des résultats obtenus par voie chimique et microchimique montre que celles-ci sont en grande partie constituées par du phosphate de chaux.

C) Oocyte de Grenouille. [**166**, 1921].

La composition globale de l'oocyte de Grenouille rousse donne les chiffres suivants :

Eau	57,60
Glycogène	3,31
Lipides divers	10,14
Vitellines	26,51
Reste (protoplasma)	2,44

Les matières grasses sont surtout constituées ici par des phosphatides (mitochondries et globules lipoïdes colorables par le rouge Sudan); le glycogène est peu de chose par rapport aux substances sèches totales dont la plus grande partie est constituée par des réserves de substances azotées et phosphorées (« ichtine » de Fremy et Valencienne), formant les tablettes vitellines.

Celles-ci peuvent être séparées mécaniquement à partir des œufs ovariens mûrs et isolées en quantité importante; elles contiennent 16,4 p. 100 d'azote, 1,36 p. 100 de phosphore et un peu de soufre, et peuvent être incomplètement séparées en deux constituants différant par leur solubilité, et leur teneur en P et en S.

D) Oocyte de Truite. [**175**, **177**, 1922].

L'oocyte de Truite comporte :

Eau	58,5
Hydrate de Carbone	0,34
Substances grasses	9,16
Substances protéiques	29,81
Cendres	1,25

Comme pour l'oocyte de Grenouille, la plus grande partie des substances pro-

téiques, soit environ 85 p. 100, sont des substances de réserve constituant le vitellus; celles-ci peuvent être séparées par dissolution et précipitation répétées en milieu neutre suivant les techniques déjà utilisées par Valencienne et Fremy et par Levene (œuf de Saumon et de Cabillaud); on obtient ainsi une vitelline contenant 14,28 p. 100 d'azote et 0,57 p. 100 de phosphore.

Les substances grasses comportent des phosphatides et des glycérides dans lesquels on peut caractériser les acides oléique et myristique.

E) Oocyte de Carpe [**176**, **178**, 1922].

L'oocyte mûr de Carpe comporte :

Eau	66,3
Hydrates de carbone	0,0
Substances grasses	6,6
Substances protéiques	25,7
Cendres	2,0

Fremy et Valencienne ont décrit dans cet oocyte deux sortes de globules vitellins, soit des « gouttelettes de graisse » et des « granules transparents en tablette » formés par une substance azotée, l' « Ichtidine », différant par ses caractères de solubilité de l' « Ichtine » des Batraciens.

Ces deux sortes d'inclusions protoplasmiques peuvent être isolées mécaniquement par centrifugation dans les liquides neutres de composition saline convenable. Les globules hyalins correspondant aux « gouttelettes de graisses » sont en réalité formés par une vitelline analogue à celle de l'œuf de Truite et contenant 14,82 p. 100 de N et 0,42 de P; quand aux tablettes d'Ichtidine, elles sont constituées par un complexe remarquablement stable d'une vitelline, dont la composition semble la même que celle des globes hyalins, et de lipides principalement constitués par des lécithines. Ces faits, révélés par l'analyse chimique, expliquent les propriétés microchimiques paradoxales de ces diverses inclusions.

Les lipides de l'œuf de Carpe sont plus complexes que ceux de l'œuf de Truite; les phosphatides y sont plus abondants; les glycérides contiennent ici encore de l'acide myristique.

F) Oocyte de Sabellaria [**170**, **191**, 1921, 1924].

L'oocyte mûr de *Sabellaria alveolata* comporte :

Eau	70,00
Glycogène	1,27
Substances grasses	6,80
Substances protéiques	19,08
Cendres	1,53

Il existe ici encore des globules vitellins constitués par une substance azotée et phosphorée, et dont les propriétés générales se rapprochent de celles des tablettes vitellines des Batraciens.

Les lipides sont représentés en partie par des globules huileux; mais il est probable qu'une certaine proportion se trouve mélangée à la phase aqueuse du cytoplasma; celle-ci renferme en outre une substance basophile et un pigment qui s'accumule au niveau des globules vitellins.

G) Oocyte de Sternaspis scutata [**184**, 1923].

L'étude microchimique de cet oocyte montre la présence des globules vitellins constitués probablement, comme les tablettes d'Ichtidine de l'oocyte de Carpe, par un complexe de vitelline et de lipides.

H) Oocyte de Patella vuloata [**185**, 1923].

L'oocyte mûr comporte :

Eau.	67
Substances grasses	13,53
Substances protéiques.	16,83

Cet oocyte est caractérisé par la grande abondance de lipides qui forment plus de 40 p. 100 du poids sec total; un tiers de ces substances est constitué par des graisses neutres formant les globules vitellins huileux.

Ces recherches constituent dans leur ensemble une simple documentation préalable; elles montrent que la composition des substances de réserves utilisées pendant les premiers stades du développement est assez différente quand on passe d'une espèce à une autre, bien que certaines substances, telles que les vitellines, se retrouvent fréquemment, dans les œufs d'animaux très divers, avec une certaine uniformité. Il convient de souligner les différences de composition chimique ainsi constatées; elles montrent *à priori* que les premiers mécanismes du développement ne sont pas comparables chez des espèces différentes; elles s'opposent d'autre part à l'unité du type de composition que l'on rencontre généralement entre les tissus somatiques homologues.

I) Spermatozoides de l'Ascaris [**124**, **127**, 1913].

Les « grains brillants » décrits dans les spermatocytes et formant ensuite le corps réfringent du spermatozoïde de l'*Ascaris* sont constitués par une substance albuminoïde que l'on peut isoler et purifier et que j'ai décrite sous le nom d'Ascaridine;

elle contient 17,5 p. 100 de N (Leroux); elle ne contient ni Ph, ni S, et ne donne par hydrolyse aucun produit réducteur; elle donne les réactions de Millon et du biuret, mais présente, d'autre part, des caractères tout à fait particuliers de solubilité et de précipitabilité.

II. — MÉCANISMES DE LA MATURATION ET DE LA FÉCONDATION

L'analyse morphologique de la maturation et de la fécondation a révélé les transformations nucléaires complexes du stade synaptique, les mécanismes de la réduction numérique des chromosomes au cours des mitoses de maturation, la copulation des pronuclei, le rôle possible du chromosome accessoire quant à la détermination du sexe. Mais à côté de ces observations si importantes pour les théories de l'Hérédité, la réalisation expérimentale de l'activation, la parthénogénèse chimique de J. Loeb montrait que la pénétration du spermatozoïde doit déclancher dans la masse protoplasmique de l'œuf une série de processus et de réactions qui modifient du tout au tout le fonctionnement de cette cellule.

J'ai eu la chance de trouver dans les cellules sexuelles de l'*Ascaris* un objet — particulier sans doute — mais remarquablement favorable à l'étude chimique des transformations qui représentent ce que l'on peut nommer avec Brachet les manifestations dynamiques de la fécondation.

A) Œuf d'Ascaris megalocephala [**114**, **119**, **120**, **127**, 1912-1913].

Arrivé au terme de sa période de croissance l'oocyte d'Ascaris se trouve dans un état relativement stable que j'ai nommé équilibre de maturité; cependant l'étude de femelles vierges et adultes[1] montre que le matériel contenu dans l'oocyte peut subir un début de transformation.

Les transformations morphologiques subies par l'œuf fécondé ont été bien étudiées par Van Beneden et différents auteurs, mais j'ai pu analyser les transformations chimiques qui les accompagnent; celles-ci s'effectuent dans l'utérus, en milieu anaérobie et peuvent se résumer de la manière suivante :

1° La teneur des substances sèches de l'œuf en glycogène tombe de 22 à 10,5 p. 100, mais le glucose correspondant à la quantité disparue se retrouve sous forme de glucosamines (11,5 p. 100) qui se déposent à la surface de la cellule en constituant la première membrane externe de l'œuf.

2° Pendant la formation de la membrane externe, les boules hyalines (phosphate)

1. Je n'ai rencontré ce cas singulier qu'une seule fois dans mon existence à Lyon, chez un Cheval dont l'intestin contenait seulement trois *Ascaris*, femelles.

se rassemblent toutes vers la surface de l'œuf (fig. 10); elles sont progressivement expulsées ensuite de la masse protoplasmique et se désagrègent dans l'espace péri-vitellin qui se forme entre la membrane chitineuse et l'œuf dont le volume se trouve sensiblement réduit. Cette variation dans l'équilibre physique des constituants du protoplasma est liée à la dissolution de l'ascaridine du spermatozoïde dont j'ai constaté *in vitro* qu'elle abaisse la tension superficielle de ses solutions aqueuses.

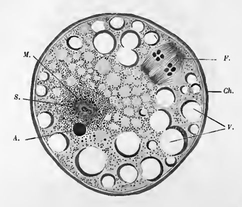


Fig. 10. — Coupe d'un œuf d'*Ascaris* fécondé au moment de la formation du premier globule polaire. — *Ch.*, membrane de chitine encore très mince; — *F*, premier fuseau de maturation; *V.*, Vacuoles à phosphates; — *A.*, corps réfringent en voie de dissolution; — *S.*, spermatozoïde (cytoplasma gris et noyau); — *M.*, mitochondries spermatiques volumineuses, et mitochondries ovulaires, fines, et réparties dans tout le cytoplasma (Ac. perchromique, fuchsine, vert lumière).

3º Pendant ces transformations internes, les cristalloïdes de Van Beneden s'accumulent vers le centre de l'œuf; mais l'éther ascarylique est hydrolysé et l'acide ascarylique libéré est lui-même expulsé du protoplasma en fines lamelles qui constituent la seconde enveloppe, ou membrane feutrée interne de l'œuf.

4º C'est au cours de ces importantes modifications que se produisent les mitoses de maturation puis le gonflement du pronucleus mâle (fig. 11); à partir de ce moment l'équilibre de copulation est réalisé en milieu anaérobie, et, comme on le savait déjà, la segmentation ne commencera qu'au contact d'un milieu oxygéné.

En résumé, la pénétration du spermatozoïde et la dissolution du corps albuminoïde réfringent (ascaridine) déclanche une série de changements d'état physique

et de transformations chimiques (hydrolyse et synthèse) du matériel de réserve, la plus grande partie de celui-ci étant d'ailleurs immobilisée dans les enveloppes protectrices de l'œuf définitif[1].

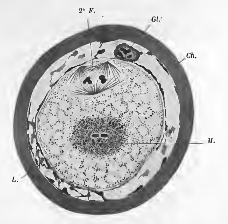


Fig. 11. — Coupe d'un œuf d'*Ascaris* fécondé au moment de la formation du second globule polaire. — *Ch.*, membrane de chitine définitive; — *L.*, travées lipoïdes dans l'espace péri-ovulaire. La membrane d'acide ascarylique a été dissoute par les réactifs); — *Gl.*, premier globule polaire; — 2e *F.*, second fuseau de maturation : — *M.*, mitochondries spermatiques résolues en granulations plus fines et de même volume que les mitochondries ovulaires dont on ne peut plus les distinguer (acide perchromique fuchsine vert lumière).

B) Œuf de « Sabellaria alveolata » [**169, 171, 172, 174, 181, 182, 183, 191,** 1921-24].

L'oocyte de *Sabellaria* reste à l'état d'équilibre de maturité dans la cavité générale de la femelle; à partir du moment où il est expulsé dans l'eau de mer par une ponte spontanée ou provoquée, la formation au-dessous du chorion d'un espace périvitellin, ainsi qu'une série de transformations nucléaires : disparition de la vésicule germinative et formation des chromosomes, apparition de l'astrosphère et organisation du premier fuseau, sont les seuls signes visibles de ce que j'ai appelé la prématuration; ces transformations semblent provoquées par l'alcalinité de l'eau de mer et peut-être par une légère différence de pression osmotique; Hörstadius, en même temps que moi, observait des faits analogues avec l'œuf de *Pomatoceros*,

1. Ces phénomènes ont été revus et confirmés par Zawadovski, 1915 et G. Szwejkowska, 1926.

mais les recherches ultérieures de Dalcq sur la maturation de l'œuf d'Astérie font penser que l'équilibre de différents cations peut aussi jouer un rôle qui reste à étudier dans le cas de *Sabellaria*.

Quelle que soit la détermination de la prématuration, j'ai constaté que celle-ci peut s'effectuer en présence de cyanure comme dans un milieu très pauvre en oxygène. J'ai constaté d'autre part que le cytoplasme de l'œuf subissait, pendant et après la formation du fuseau, des changements d'état physique décelables par les variations de sensibilité à certains agents cytolytiques (solvants des graisses). De telles variations pourraient s'expliquer par la présence de lipoïdes mélangés en quantité variable, à la phase aqueuse continue du cytoplasma; cette interprétation pourrait servir, aussi bien que l'hypothèse admise par quelques auteurs d'une inversion de phases, à expliquer les variations de perméabilité[1].

Les transformations morphologiques subies par l'œuf vierge s'arrêtent à la métaphase de la première mitose de maturation qui est un système remarquablement stable; l'œuf cependant n'est pas dans un état d'équilibre complet; il absorbe presque autant d'oxygène que l'œuf fécondé, montrant ainsi par un nouvel exemple que les faits observés chez l'œuf d'Oursin ne représentent pas un mécanisme général et obligatoire.

Les manifestations dynamiques de la fécondation se limitent apparemment à l'achèvement de la première mitose de maturation, aussitôt suivie de la formation du deuxième globule polaire, puis de la segmentation. Comme chez d'autres Annélides, des conditions de milieu assez diverses peuvent déterminer l'achèvement de la première mitose de maturation et un début de développement parthénogénésique : milieu alcalin, température élevée, etc. (Voir chapitre : Cytologie) et j'ai cherché à rattacher les mécanismes de l'activation aux conditions physiques et mécaniques de la division cellulaire *en général*.

J'ai insisté enfin, sur l'importance des différences que l'on rencontre en passant d'un type zoologique à un autre, aussi bien entre la nature chimique des constituants de l'oocyte, qu'entre les mécanismes mêmes de l'activation. Cela signifie qu'une théorie générale de la fécondation ne peut être établie d'après les recherches expérimentales effectuées sur un seul type, comme on l'a souvent tenté en considérant uniquement le cas de l'œuf d'Oursin.

1. Elle peut aussi expliquer le virage des colorants vitaux que j'ai considérés à tort comme l'indice d'un pH protoplasmique très élevé.

III. — SEGMENTATION ET FORMATION DE L'EMBRYON

A) Processus morphologiques de la segmentation [**117, 118, 121, 125, 127** 1912-13; **191**, 1924].

Avec Mlle Chevroton j'ai étudié les premiers stades de la segmentation de l'œuf d'*Ascaris* d'après leur enregistrement cinématographique accéléré qui met en évidence les mouvements intracytoplasmiques localisés dont l'intensité s'accentue au début de la mitose, les mouvements d'élongation et de constriction des blastomères, enfin les fluctuations superficielles qui succèdent à la division.

En me bassnt sur les observations de Boveri et de Zur Strassen, que j'ai pu contrôler, j'ai étudié les anomalies de la segmentation déterminées soit par l'action générale des irrsdiations ultra-violettes (avec V. Henri et Wurmser), soit par l'action générale ou électivement localisée à la lignée germinative des rayons X (avec Cl. Regaud); vérifiant les résultats apportés par Perthes, P. Hertwig et Payne, j'ai pu préciser que les blastomères déjà différenciés dans le sens somatique sont presque insensibles à l'action des rayons X; il en est de même de ceux *qui vont subir cette différenciation à leur prochaine mitose* (diminution chromatique de Boveri); au contraire les blastomères de la lignée germinative sont extrêmement sensibles tant qu'ils possèdent leurs grands chromosomes caractéristiques, et toute leur descendance, somatique ou sexuelle, est affectée par une irradiation convenable.

D'autre part l'action des rayons X amène une désorientation des axes des figures de mitoses et celle des rayons ultra-violets provoque des retards variables dans la division des différents blastomères; il en résulte des anomalies de la segmentation qui permettent de préciser la nature des phénomènes normaux de la promorphogenèse.

L'orientation relative des diverses figures de mitose, si importante dans la segmentation de l'œuf d'*Ascaris* l'est également dans la segmentation des Annélides polychètes; chez *Sabellaria* j'ai montré l'influence des conditions mécaniques créées par les masses polaires gélifiées et les modifications que l'on apporte à ces conditions en faisant varier l'état physique du protoplasma (action des températures élevées, substances abaissant la tension superficielle, etc.; voir Cytologie).

B) Travail d'organisation [**127, 130**, 1913].

Un œuf dont le développement normal s'effectue hors de l'organisme maternel peut être considéré comme un système fermé à tout échange de substances autres que l'oxygène et l'acide carbonique, éventuellement aussi l'eau et quelques électrolytes. Les transformations chimiques et énergétiques dont il est le siège pendant la

formation de l'embryon s'effectuant ainsi aux dépens de ses propres constituants, il est possible d'établir le bilan global de ces opérations en comparant la composition chimique et la chaleur de combustion de l'œuf à l'état initial, c'est-à-dire avant la segmentation, et à l'état final, c'est-à-dire quand l'embryogenèse est achevée; on peut d'ailleurs choisir arbitrairement tel ou tel stade intermédiaire bien caractérisé. C'est dans cette direction que d'importants travaux sur l'énergétique du développement ont été effectués par Tangl et ses élèves.

J'ai d'abord repris ces recherches en les appliquant au cas de l'œuf d'*Ascaris* (1912-13).

L'état d'équilibre de copulation représente, au point de vue des phénomènes du développement, l'état initial. A cet état, l'œuf total comporte 5 680 calories par gramme de substances sèches.

Si nous plaçons cet œuf au contact de l'oxygène, les combustions respiratoires vont commencer aussitôt, ainsi que la segmentation; celle-ci, en un temps qui dépend uniquement de la température, aboutit à la formation d'une larve vermiforme, pelotonnée à l'intérieur des membranes : c'est l'état final.

Du fait des échanges respiratoires, l'œuf a perdu, entre ces deux états initial et final, 5,67 p. 100 de son poids (détermination directe); la mesure des échanges respiratoires indique une perte en carbone de 2,3 p. 100 et une perte en eau de 3,3 à 3,4 p. 100 suivant que l'on effectue le calcul pour la combustion des graisses ou pour la combustion du glucose; soit un total de 5,6 à 5,7 qui vérifie exactement la mesure directe. Les dosages indiquent d'autre part, une perte en matières grasses de 4,0 p. 100 et une perte en glycogène de 1,1 p. 100, soit encore, au total, un chiffre du même ordre.

Si on veut calculer la perte d'énergie, il faut tenir compte de cette perte de poids et rapporter la chaleur de combustion de l'œuf à l'état final, au poids qu'il possédait à l'état initial :

On trouve alors :

	Calories-grammes.
État initial	5 680
État final	5 400
Différence	280

Mais les enveloppes de l'œuf immobilisent une certaine quantité d'énergie qui ne participe pas aux transformations; d'autre part, il faut compter la chaleur de formation de l'acide carbonique dégagé, soit environ 280 calories; on peut alors dresser le tableau suivant

	État initial.	État final.
	—	—
Membranes de l'œuf :		
Acide ascarylique	1 200 calories	1 200 calories
Glycosamines	480 —	480 —
Masse protoplasmique initiale	4 000 cal.	
Embryon		3 720 —
CO^2 formé		280 —
Total	5 680 calories	5 680 calories

La comparaison de ces chiffres montre que, dans les conditions de l'expérience, toute l'énergie transformée a dû se dissiper en chaleur correspondant à la formation de l'acide carbonique, à moins que la quantité d'énergie intégralement transformée en travail d'organisation soit assez faible pour être de l'ordre de grandeur des erreurs expérimentales. Nous devons insister sur un autre point ; ces chiffres montrent encore que cette perte d'énergie ne correspond à aucune croissance ; l'embryon n'est pas autre chose que la masse protoplasmique de l'œuf, réorganisée mais diminuée ; son potentiel énergétique est abaissé, et c'est seulement *l'hétérogénéité du système à l'état final* qui se trouve accrue, à la suite des transformations énergétiques de la segmentation.

Cet accroissement du degré d'hétérogénéité, représente ce que l'on peut appeler *le travail d'organisation* ; la segmentation d'un œuf représente en effet, même avec une diminution de volume global, un accroissement considérable du potentiel de surface en même temps qu'un travail contre la viscosité protoplasmique et les forces de tension superficielles correspondant aux transformations internes et aux déformations caractéristiques de la division cellulaire ; c'est pourquoi j'ai tenté la mesure du travail de division (voir Cytologie).

D'autre part on peut supposer que la segmentation s'accompagne d'un travail chimique de synthèse pour certaines substances telles que les nucléines ; il semble dans le cas de l'*Ascaris* que celles-ci ne s'accroissent pas pendant la formation de l'embryon, mais les preuves sont insuffisantes.

C) Travail d'organisation et travail de croissance [**166**, 1921 ; **188**, 1923 ; **193**, 1925].

Le cas des œufs d'Oiseaux étudiés par Tangl diffère de celui de l'œuf d'*Ascaris* en ce sens que, leur segmentation étant partielle, la perte globale d'énergie subie par le système (travail absolu de développement au sens de Tangl) est corrélative d'un accroissement de la masse protoplasmique organisée, c'est-à-dire de l'embryon. Dans un tel cas, Tangl nomme « travail spécifique » l'énergie correspondant à la for-

mation de 1 gramme de substance embryonnaire sèche. Il existe un cas intermédiaire assez curieux à examiner, celui des œufs à segmentation totale, mais à vitellus abondant, tel que l'œuf de Grenouille.

Depuis le début de la segmentation jusqu'à l'éclosion de la jeune larve, les phénomènes sont assez comparables à ceux que l'on observe chez l'*Ascaris*, puisque l'œuf tout entier se transforme en embryon, c'est-à-dire élève son degré d'hétérogénéité tandis que diminue le potentiel énergétique du système; pendant la formation d'un Têtard moyen du poids sec de 1,424 milligr. j'ai noté une perte de substances sèches de 0,3 milligr. correspondant à 1,95 petite calorie.

Le bilan chimique de ces transformations paraît assez complexe, et l'utilisation des substances grasses, non admise par Parnas et Krasinska a été longuement discutée.

Cependant au cours de la formation de l'embryon, et tandis que la masse de substances sèches diminue progressivement, on observe une légère hydratation dont Bialaszewicz a montré qu'elle est d'abord intercellulaire. Après l'éclosion du Têtard, l'hydratation de ses tissus devient considérable et Davenport, puis Schaper ont montré qu'elle était la raison principale de la croissance pendant les jours qui suivent l'éclosion. Avec Dragoiu j'ai repris l'analyse de ce phénomène sur des Têtards soumis au jeûne absolu à partir de l'éclosion et nous avons vu que les substances sèches et le potentiel énergétique du système organisé continuent de décroître régulièrement pendant douze jours, tandis que le poids total augmente par absorption d'eau; mais il s'agit bien d'une croissance véritable, c'est-à-dire d'un accroissement de la masse protoplasmique organisée, qui utilise les éléments vitellins, réserves azotées dont l'hydratation est très faible, et les transforme en protoplasma fortement hydraté.

L'énergie transformée pendant la seconde partie du développement (croissance « autophagique » extra-ovulaire) est donc utilisée non plus seulement pour un travail d'organisation, mais pour un travail de synthèse et de croissance véritable.

D) L'ÉNERGÉTIQUE DU DÉVELOPPEMENT [**193**, 1925].

Les données numériques apportées par les bilans chimiques et calorimétriques du développement embryonnaire ne nous renseignent que d'une manière superficielle sur l'énergie réellement mise en jeu par le travail d'organisation et le travail de croissance; le calcul du rendement énergétique tel qu'on peut le faire à partir de ces éléments est insuffisant et les résultats de recherches actuellement en cours, dans différents laboratoires et au Collège de France, sur les réactions couplées d'oxydo-éduction, doivent être attendus pour faire progresser à nouveau l'énergétique du développement,

IV. — HISTOGENÈSE

A) Développement des organes génitaux de l'Ascaris megalocephala [**116**, **127**, 1912-13; **146**, 1920].

L'étude faite avec J. Dragoiu de l'ovaire d'une femelle d'*Ascaris* ne contenant *aucune* cellule germinative nous conduit à penser que les deux cellules sexuelles G_1 et G_2, issues du blasmotère P_5 qui restent au repos à la fin de la segmentation ne sont pas équivalentes et que l'une d'elles subit la diminution chromatique de Boveri et donne naissance à une lignée de cellules somatiques constituant la paroi des tubes génitaux.

J'ai constaté d'autre part chez de très petites femelles que les mitoses (de type somatique) des cellules pariétales de l'ovaire cessent de bonne heure et que dès ce moment les diverses régions du tube ovarien sont déjà caractérisées morphologiquement et cytologiquement.

La différenciation des divers types cellulaires se poursuit ultérieurement tandis que leur volume s'accroît dans une proportion qui peut atteindre celle de 1 à 5 000.

B) Action de l'alimentation thyroïdienne sur le Têtard de Grenouille [**163**, **164**, 1921].

Avec J. Dragoiu j'ai répété les expériences de Gudernacht afin de préciser les observations histologiques de Lim sur la métamorphose hâtivement provoquée chez le Têtard par l'ingestion de thyroïde; mais nous avons pris la précaution d'opérer sur des Têtards soumis dès l'éclosion à un jeûne absolu de dix à douze jours, temps au bout duquel les réserves de vitellines se trouvent complètement épuisées. Les Têtards soumis à l'action de la thyroïde dans ces conditions ont montré des phénomènes de régression beaucoup plus intenses que ceux auxquels une alimentation préalable avait été donnée pendant quelques jours; on peut admettre que sous l'action de la thyroïde le métabolisme de l'animal se trouve augmenté et que faute d'aliments il détruit ses propres tissus; l'examen cytologique du foie et du rein révèle d'ailleurs des aspects caractéristiques déjà décrits par Policard chez des Grenouilles soumises à des alimentations purement carnées. Mais cette lyse atteint seulement les tissus qui doivent disparaître au cours de la métamorphose normale, tandis que, au contraire, les tissus qui doivent s'accroître à ce moment sont le siège d'une activité prolifératrice. Dans un travail publié peu après nos observations, Champy a apporté de remarquables précisions sur ce point.

C) Histogenèse du Poumon [149, 150, 151, 153, 1920; 192, 1924].

Malgré les nombreux travaux effectués sur le développement de l'appareil pulmonaire, l'organisation définitive de l'alvéole comporte certains faits mal définis. Avec J. Dragoiu nous avons repris l'étude de l'histogenèse pulmonaire chez le Mouton; nous avons examiné l'ordre d'apparition et le mode de différenciation des tissus musculaires et cartilagineux, les transformations du tissu conjonctif et l'apparition des éléments élastiques, la formation des glandes bronchiques, etc., mais

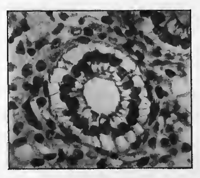


Fig. 12. — Histogenèse du Poumon. Coupe transversale d'un tube épithélial chez un fœtus de Mouton de sept semaines et demie. Cellules cylindroïdes à cytoplasma clair (Le glycogène a été dissous par les réactifs).

nous nous sommes plus spécialement attaché à l'évolution de l'épithélium des voies respiratoires.

Les cellules des tubes bronchiques primitifs sont des éléments clairs, vésiculeux, remplis de glycogène; l'extrémité apicale porte d'abord un diplosome (fig. 12). Leur différenciation se fait dans deux directions différentes; d'une part, les cellules des revêtements des bronches principales deviennent cylindriques et ciliées dès la sixième semaine de la vie fœtale; puis l'épithélium s'augmente d'une couche de cellules profondes, polygonales, et les bourgeons qui donnent plus tard les glandes bronchiques apparaissent bientôt; d'autre part le revêtement des bronchioles et des culs-de-sacs terminaux reste formé de cellules claires cubiques ou hémisphériques.

Comme l'avait vu Stieda, la structure définitive de l'alvéole se réalise chez le Mouton, vers la moitié de la vie fœtale, tandis que chez l'homme elle est beaucoup plus tardive. A ce moment la surface des culs-de-sac primitifs s'accroît par les plis-

sements qui donneront les alvéoles, et ce phénomène, qui semble dû à l'accroissement conjonctif et vasculaire, disloque l'épithélium (fig. 13). Un grand nombre de cellules épithéliales disparaissent à ce moment, peut-être par un étalement brusque; celles qui persistent perdent leur glycogène, deviennent globuleuses, se chargent de globules lipoïdes et présentent la réaction cadmiophile (voir Cytologie) caractéristique de la cellule granuleuse alvéolaire de l'adulte (fig. 14)[1].

Les transformations histogénétiques d'un organe tel que le Poumon s'accompagnent de modifications dans la composition chimique globale de cet organe. Déter-

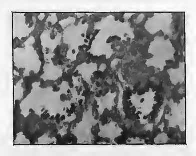


Fig. 13. — Histogenèse du Poumon. Début de la différenciation des épithéliums alvéolaires; dislocation épithéliale; les cellules chargées de glycogène apparaissent isolées. (Coupes par congélation, gomme iodo-iodurée.)

minant en fonction de l'âge, le taux de quelques substances : azote total, eau, acides gras fixes, cholestérine, phosphore lipoïdique, glycogène, nous constatons que la composition globale de l'organe varie continuellement, le taux de ces divers composés variant lui-même de manière discontinue. La notion des « constantes cellulaires » de Mayer et Schaeffer, qui s'applique au poumon adulte, ne s'applique donc pas au poumon fœtal; mais le poumon étant un complexe d'au moins deux tissus, ce fait pourrait être dû au développement inégal du tissu épithélial et du tissu conjonctif, l'un et l'autre ayant des caractéristiques chimiques constantes. Les données cytologiques de l'histogenèse ne sont guère favorables à cette interprétation, et la comparaison de la croissance du poumon total, de la croissance propre

1. On sait que l'origine épithéliale de la cellule granuleuse est controversée; ces faits viennent à l'appui de cette origine, mais la sériation d'aspects morphologiques, au cours d'une transformation rapide, ne contitue pas une preuve suffisante; de nouvelles recherches sont à faire, surtout dans le domaine expérimental et en utilisant la réaction cadmiophile, pour résoudre ce problème dont l'importance physiologique est certaine.

du tissu épithélial et des variations du taux des composants chimiques étudiés, montre que, seule, l'augmentation de la teneur en glycogène est proportionnelle à l'augmentation du tissu épithélial; la composition de chacun des tissus constituant



Fig. 14. — Épithélium alvéolaire chez un fœtus de Mouton de treize à quatorze semaines. Cellules granuleuses du type adulte. — A. Méthode de Altmann; mitochondries et vacuoles correspondant aux globules lipoïdes. — B. Fixation au formol — chlorure de cadium ou formol — acétate de plomb. Les globules lipoïdes sont indiqués par une couche de sulfure jaune brun ou noir intense.

l'organe pulmonaire varie donc au cours du développement fœtal, et, pendant une partie au moins de cette période, il n'existe de « constantes cellulaires » ni pour l'un ni pour l'autre.

V. — HISTOGÉNÈSE EXPÉRIMENTALE ET CULTURE IN VITRO

Les phénomènes de l'histogénèse sont bien souvent liés à des mouvements cellulaires actifs et aux actions que des cellules coexistant dans un espace limité exercent les unes sur les autres; c'est pourquoi les cultures de tissus et les pseudo-tissus réalisés *in vitro* par Léo Loeb présentent un grand intérêt non seulement pour la biologie cellulaire en général, mais plus spécialement pour l'analyse des mécanismes de l'histogénèse.

J'ai repris l'étude *in vitro* des cellules conjonctives mobiles (amibocytes) cependant que j'organisais au laboratoire avec R. Wallich, Ginsbourg et B. Ephrussi des recherches sur la culture des tissus faites suivant la méthode de Carrel [**216**].

A) L'état quiescent et l'état actif [**195**, **201**, **203**, **206**, **208**, **211**, **212**, **218**, 1925-28].

J'ai montré que les amibocytes hyalins des Invertébrés sont étroitement comparables aux histiocytes et aux macrophages des Vertébrés; on savait déjà par les travaux de Kindred et de divers auteurs qu'ils peuvent participer à la néoformation d'organisations conjonctives. On savait aussi depuis longtemps que, dans bien des cas, ces amibocytes changent d'aspect lorsque l'on extrait la lymphe pour les observer *in vitro*; mais il s'agit ici d'un phénomène absolument général et qui n'est point lié, comme on l'avait supposé, à une altération prémortelle. Les amibocytes hyalins peuvent exister sous deux états; *in vivo*, dans les conditions normales, ce sont des cellules à protoplasma rigide caractérisées par une structure définie, spécifique, souvent assez complexe; *in vitro*, ou sous l'influence d'un contact mécanique, le protoplasma devient fluide et la cellule s'arrondit; puis, à partir du hyaloplasma périphérique se forment des lamelles transparentes qui s'étendent ou se rétractent lentement (fig. 15 et 16; comparer à celle-ci la fig. 24); l'état initial ou état quiescent s'est transformé en un état actif dont l'aspect morphologique, presque identique pour toutes les espèces étudiées, a été caractérisé par Dehorne sous le nom de « choanoleucocyte ». Le passage de la forme rigide à l'état actif de choanoleucocyte est très rapide, mais c'est une transformation réversible bien qu'elle exige un temps beaucoup plus long pour s'effectuer dans le sens inverse.

Les mouvements des choanoleucocytes sont tout à fait distincts des mouvements amiboïdes vrais, comme en témoigne leur enregistrement cinématographique réalisé avec M[me] François-Frank; les lames hyalines, caractérisées par une tension superficielle négative, peuvent être comparées à des figures myéliniques continuellement déformables; leur épaisseur a pu être déterminée avec M[lle] Choucroun, grâce aux couleurs d'interférence observées lorsqu'on les éclaire par réflexion; elle varie entre 1,0 et 0,13 µ. Enfin les propriétés optiques de ces lames montrent qu'elles doivent présenter des orientations moléculaires définies, mais la diffraction des rayons X n'indique dans leur cas l'existence d'aucun plan réticulaire.

A l'état de choanoleucocytes, les amibocytes hyalins devenus déformables sont capables d'adhérer à des surfaces et de se mouvoir lentement avant de revenir peu à peu à la forme initiale rigide.

Il semble que cette transformation réversible, ce passage de l'état quiescent à l'état actif et *vice versa*, très frappant dans le cas des amibocytes hyalins, soit en réalité un fait très général; on le connaît déjà chez des Rhizopodes, et il doit probablement être étendu à toutes les cellules conjonctives et à de nombreuses cellules épithéliales; en culture *in vitro*, le passage à l'état actif et déformable correspond à ce que Champy a nommé la dédifférenciation. L'étude de ces changements d'état

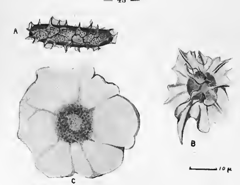


Fig. 15. — *Terebella lapidaria*. Choanoleucocytes. *A*. Transformation de l'amibocyte rigide. — B. Accroissement des lamelles hyalines. — C. Étalement sur la lame porte-objet (*in vivo*).

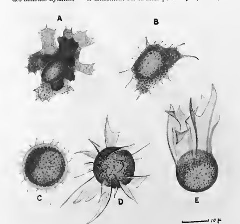


Fig. 16. — *Nephtis*. — A, B, C, D, E; différents stades de la transformation de l'amibocyte rigide en choanoleucocyte (observé *in vivo*).

est liée à celle des propriétés physiques du cytoplasma et des phénomènes de gélation et solation.

B) Adhérence et agglutination [**198**, **200**, **213**, **214**, **215**, 1925-27].

Les lames hyalines des choanoleucocytes sont capables d'adhérer à certaines surfaces et de s'étaler largement sur celles-ci comme si elles les mouillaient (verre, huile, interface eau-air d'une goutte liquide); cet étalement peut se faire rapidement et se continuer jusqu'à la réalisation d'une couche invisible dont l'épaisseur est de l'ordre moléculaire; la cellule est alors détruite. Ordinairement, il est équilibré par des forces internes de cohésion et l'épaisseur des lames ne descend pas au-dessous de 0,1μ.

Les lames hyalines sont également capables d'adhérer les unes aux autres; avec Nichita, j'ai montré que l'agglutination des amibocytes *in vitro* n'est pas liée à la charge électrique superficielle de ces cellules (voir Cytologie) mais seulement à un état physique des lames hyalines qui peut être modifié par la concentration en ions H et par la nature des ions métalliques présents dans le milieu; ces recherches devront être poursuivies dans le domaine de la phagocytose.

L'agglutination des amibocytes s'effectue au hasard de leurs rencontres et donne naissance à des flocons lâches qui subissent une condensation progressive, chaque cellule prenant le plus large contact possible avec les cellules voisines; ces agglutinats sont instables si les amibocytes adhèrent moins fortement entre eux qu'à la substance sur laquelle ils se déposent (verre par exemple); dans le cas contraire ils sont stables et forment des masses qui tendent à devenir sphériques. Les conditions de stabilité, variables suivant l'espèce à laquelle appartiennent ces cellules, peuvent être modifiées avec la composition ionique du milieu.

C) Structure des complexes; pseudo-tissus [**197**, **199**, **204**, 1925].

Léo Loeb a montré que les lames formées par l'agglutination et l'étalement des amibocytes de *Limulus* présentent les propriétés de tissus véritables et peuvent par exemple, cicatriser leurs blessures. Il y a plus, car si l'on examine pendant un jour ou deux l'évolution des complexes stables, on assiste à une véritable organisation de ceux-ci. La coupe d'un complexe sphérique montre une zone centrale de tissu lâche, d'aspect mésenchymateux, limité vers l'extérieur par une couche beaucoup plus dense, d'aspect fibreux formée de cellules allongées et étalées parallèlement; ces cellules reviennent peu à peu à l'état rigide, mais après avoir contracté des liaisons réciproques; si le complexe est formé par des amibocytes comportant à l'état quiescent un « linome » (voir Histologie), celui-ci se reconstitue en longues fibrilles ou en faisceaux de fibrilles parallèles (fig. 17). Examinée en lumière polarisée dans un milieu déshydratant, cette couche cellulaire est biréfringente, avec une orienta-

tion régulière des axes optiques, comme si les cellules disposées parallèlement avaient acquis une orientation moléculaire définie et commune.

Au-dessus de cette couche vient une zone périphérique d'éléments faiblement

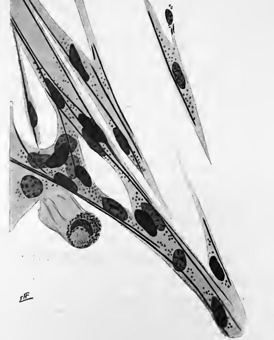


Fig. 17. — Fragment d'une coupe partiquée à travers un complexe d'amibocytes d'Arénicale formé entre des fibres de coton. Remarquer les travées syncytiales dans lesquelles le linome s'est reconstitué; un choanoleucocyte a conservé la forme active.

agglutinés, qui restent très longtemps mobiles, à l'état actif. On voit donc qu'un ensemble de cellules identiques occupant une portion d'espace limitée se trouvent de ce seul fait dans des conditions différentes les unes par rapport aux autres, et qu'une sorte de différenciation s'établit aussitôt entre elles.

L'évolution des agglutinats d'amibocytes montre ainsi, dans des conditions plus simples puisqu'ils comportent une seule espèce d'éléments, un phénomène analogue à ce que montrent les reconstitutions d'Éponges après dissociation de leurs éléments (Wilson, etc. [**204**, 1925]), mais ils montrent nettement d'autre part, l'influence des caractéristiques morphologiques de la cellule constituante à l'état rigide sur la structure générale de l'ensemble.

D) Mouvements cellulaires « in vitro » [**205**, 1925; **212**, 1927].

Les mouvements d'amibocytes isolés à la surface d'un support tel qu'une lame de verre par exemple, sont essentiellement désordonnés et leur vitesse est très faible. Cependant, si l'on dispose un agglutinat de telles cellules en goutte pendante dans une solution telle que l'agglutinat soit à la limite des conditions de stabilité, il s'entoure bientôt d'une auréole de cellules migratrices tout à fait analogue à celle que l'on observe autour d'un fragment de tissu cultivé *in vitro*. Ces cellules sont allongées sur l'interface eau-air suivant une direction radiale qui est celle de leur mouvement, nettement orienté cette fois, et assez rapide. Il s'agit dans ce cas d'un entraînement passif et l'on peut démontrer que des substances indéterminées diffusent à partir de l'agglutinat en formant à la surface de la goutte liquide un film, probablement d'ordre monomoléculaire, qui s'étend progressivement et entraîne en les étirant les cellules restées mobiles. Ce mécanisme semble intervenir également dans le cas des cultures de tissus et expliquerait peut-être les mouvements passifs signalés par Oppel dans la cicatrisation épithéliale.

VI. — LA CINÉTIQUE DU DÉVELOPPEMENT

A) Généralités [**193**, 1925],

D'une manière très générale la croissance d'un organisme, mesurée par la variation positive de sa masse en fonction du temps, n'est pas continue. Le taux de croissance s'accroît lentement d'abord et rapidement ensuite avant de décroître progressivement et de devenir nul; la courbe d'accroissement pondéral correspondante est une courbe en S dont la pente se relève progressivement avant de s'abaisser peu à peu jusqu'à devenir un plateau. Une telle courbe exprime un cycle de croissance. La croissance embryonnaire ou fœtale représente généralement un cycle qui peut lui-même recouvrir plusieurs cycles successifs moins accentués; de même un ou plusieurs cycles de croissance succèdent au cycle embryonnaire et toutes ces périodes successives peuvent elles-mêmes s'intégrer dans un cycle plus vaste qui recouvre la vie entière de l'individu. C'est que les mécanismes du développement ne s'arrêtent pas avec la

fin de la période embryonnaire, et, si l'on veut entreprendre leur analyse, il faut faire dépasser largement au mot « Embryologie » son cadre étymologique.

Remarquons tout de suite que les courbes de croissance et leurs équations caractéristiques n'ont en elles-mêmes aucune valeur explicative; ce sont des moyens commodes de description et de comparaison, qui permettent d'introduire le temps dans la représentation d'un organisme d'une manière plus suggestive que sous la forme d'intervalles séparant des aspects arbitrairement choisis. Cependant la forme cyclique des variations du taux de croissance indique que le développement d'un organisme est toujours limité; on a pensé que les processus de sénescence accompagnent nécessairement et dès l'origine les processus d'accroissement, mais ceci n'est pas une nécessité biologique fondamentale, puisque dans des conditions convenables les cultures de tissus comme les cultures d'Infusoires ont un taux de croissance constant. Il est donc logique de penser que l'arrêt progressif du développement d'un organisme est moins l'effet d'un processus spécial que le résultat des conditions complexes créées par l'organisation elle-même. C'est ce que j'ai tenté d'examiner dans quelques cas très différents.

B) Croissance des colonies de Vorticellides [179, 1922].

Les colonies de Vorticellides (*Carchesium*, *Zoothamnium*, *Epystylis*) ont une croissance limitée; cependant les différents individus étant espacés les uns des autres dans un milieu constamment renouvelé, l'hypothèse que des actions réciproques s'exercent entre eux est peu vraisemblable. Si l'on prend comme indice de l'activité cellulaire la sécrétion des rameaux individuels du pédoncule colonial, on constate que celle-ci diminue progressivement, jusqu'au moment où quelques individus s'accroissent sans se diviser, émigrent, et fondent une nouvelle colonie. Ces faits tendent à faire penser que la constitution des Infusoires change lentement jusqu'au moment où la variation ayant atteint une valeur limite, un processus régulateur se trouve déclanché[1] chez les individus qui récupéreront les potentialités initiales. L'étude cytologique montre d'ailleurs que ces potentialités pourraient être liées à l'accumulation discontinue de substances actives qui s'épuisent progressivement au cours des générations suivantes. La courbe en S qui caractérise la croissance d'une colonie de Vorticellides et l'équation qui permet de la définir et de la comparer à la variation de vitesse d'une réaction limitée, prend de ce fait une signification plus objective.

1. Cette hypothèse peut être envisagée sur des bases plus objectives en ce qui concerne la variation lente de la relation nucléoplasmique et les phénomènes d'autorégulation tels que l'endomixie.

C) Croissance du poumon fœtal et de ses constituants [**168**, 1921; **192**, 1924].

La croissance pondérale totale du poumon fœtal de Mouton s'exprime par une

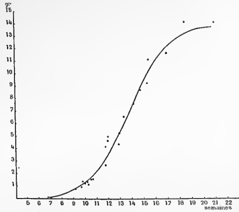


Fig. 18. — Courbe de croissance pondérale du poumon fœtal de Mouton. Les points représentent les poids secs. La courbe moyenne est calculée d'après l'équation de Robertson (K = 0,263).

courbe en S (fig. 18) qui suit exactement la loi de Robertson et s'exprime par l'équation :

$$\log \frac{x}{A - x} = 0{,}246\,(t - t_1)\ ^1.$$

Mais le poumon doit être considéré comme un ensemble de tissus, que, avec Dragoiu, nous avons schématiquement supposé réduits à deux : le tissu épithélial (fig. 19) et le tissu conjonctif. Nous avons examiné d'autre part l'accroissement de la masse totale de quelques constituants chimiques de ces tissus : eau, azote, glycogène, acide gras, cholestérine ; les courbes obtenues pour chacun de ces constituants sont différentes de sorte que la composition totale de l'organe varie continuellement ; d'ailleurs il est possible d'estimer les variations propres de chacun des deux tissus considérés et il apparaît alors que la constitution des cellules épithéliales,

1. X étant le poids de l'organe au temps t ; A le poids final et t_1 le temps auquel le poids $\frac{1}{2}$ A est atteint.

par exemple, doit changer progressivement jusqu'à la transformation rapide, dont nous avons parlé plus haut (voir Histogenèse) et cela dans un milieu qui varie lui-même d'une manière continue; l'étude comparative des courbes de croissance du tissu épithélial et du tissu conjonctif montre que dans un tel cas les interactions qui s'exercent entre deux tissus coexistants sont très complexes, ce que la courbe de croissance totale qui les résume numériquement ne peut montrer à elle seule.

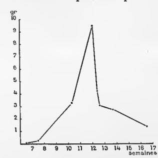


Fig. 19. — Variation en fonction de l'âge de la masse totale du tissu épithélial pulmonaire chez le fœtus de Mouton.

D) La loi de ponte chez la Poule domestique [**209**, 1926; **217**, 1928].

La loi de décroissance du taux annuel de la ponte chez la Poule domestique a été considérée comme un indice mesurable de l'accroissement progressif de la sénescence; cette décroissance suit une loi exponentielle bien étudiée par Brody et ses collaborateurs. Si inversement on notait l'accroissement annuel de la masse totale des œufs formés par une même Poule, on obtiendrait une courbe en S analogue aux courbes de croissance de Robertson. Avec L. Kaufman, nous avons montré que dans ce cas on peut faire une autre hypothèse; le nombre des oocytes disponibles constitue chez la Poule un stock limité dès l'éclosion du Poussin, stock dont la valeur moyenne doit être, d'après nos statistiques, un caractère de race, transmis par hédérité. La croissance de ces oocytes (vitellogenèse) étant d'après Riddle un phénomène rapide, nous avons supposé que la loi de ponte est liée à la probabilité de transformation de ces cellules et nous avons remplacé l'équation de Brody, Henderson et Kempster par l'équation :

$$N_t = N_0 e^{-Kt}$$

dans laquelle N_t est le nombre des oocytes encore disponibles au temps t, N_0 le

nombre initial de ces oocytes, e la base des logarithmes naturels et K une constante. Cette équation paraît justifié par nos statistiques; elle permet de calculer deux grandeurs caractéristiques, la valeur du stock initial N_0 et la vie moyenne $\frac{1}{K}$ ou θ des oocytes[1].

La notion de probabilité de transformation s'applique également au cas des oocytes d'un Arthropode, *Margaropus australis* **[219]**. Elle exprime vraisemblablement le degré de stabilité des oocytes arrivés au terme de leur croissance protoplasmique et montre que la transformation qui amorce le travail chimique de la vitellogenèse étant indépendante de l'âge, ces cellules ne vieillissent pas.

E) Lois de la cicatrisation des plaies [**142**, **144**, 1919].

Carrel et Lecomte du Noüy ont montré que dans des conditions convenables la vitesse de cicatrisation des plaies superficielles mesurée par la réduction progressive de la surface cruentée, diminue régulièrement suivant une loi que l'on peut exprimer par une équation dans laquelle entre un coefficient qui dépend de l'âge du sujet; avec F. Vlès nous avons montré que l'équation proposée par Lecomte du Noüy pouvait se ramener à la forme des équations de croissance de Robertson; cependant, dans les phénomènes de cicatrisation, la mesure de la croissance du tissu épidermique néoformé est compliquée par des phénomènes de contraction due à la réorganisation conjonctive concomittante.

1. L'étude des statistiques de ponte montre encore qu'un autre facteur, non mesurable actuellement doit être considéré : la capacité physiologique de la Poule à élaborer des réserves vitellines.

HISTOLOGIE

I. — HISTOLOGIE COMPARÉE

A) Glandes labiales des Hydrocorises [81, 86, 88 1910].

Les glandes labiales des Hémiptères présentent dans le groupe des Hydrocorises une remarquable unité de structure ; elles sont constituées (Bugnon, Bordas) par une glande bilobée et une glande accessoire à paroi mince considérée comme un réservoir (Dufour) ou une glande accessoire(Bugnon), l'ensemble de ces trois parties anatomiquement distinctes ayant pour commune origine un bourrelet stomodéal.

J'ai précisé chez quelques espèces appartenant aux genres : *Naucoris, Notonecta, Nepa* et *Lethocerus* la structure des canaux excréteurs et d'un organe céphalique annexe décrit par Bugnon sous le nom de « pompe salivaire » ; reprenant ensuite l'étude histologique de la partie glandulaire, j'ai montré que celle-ci donnait toujours naissance à trois produits de sécrétion bien distincts, soit : une substance lipoïde et deux substances albuminoïdes dont l'une fixe fortement la fuschine acide et l'autre le bleu d'aniline.

La disposition générale de la glande principale varie avec l'espèce considérée, mais on peut toujours distinguer un lobe antérieur et un lobe postérieur plus développé et généralement subdivisé lui-même. Quelle que soit la disposition et la forme de cette glande, les homologies anatomiques restent constantes, mais elles ne correspondent pas nécessairement aux homologies physiologiques, c'est-à-dire que les trois produits de sécrétion que l'on rencontre chez chaque espèce, peuvent être produits par l'une ou l'autre des régions de la glande principale.

C'est ainsi que la substance grasse est produite chez *Notonecta* par le lobe antérieur, chez *Naucoris* par la région terminale du lobe postérieur, chez *Nepa* par deux renflements vésiculeux de la région proximale du lobe postérieur. La substance albuminoïde fuchsinophile est toujours produite par le lobe postérieur. La substance albuminoïde cyanophile est produite chez *Notonecta* par le lobe postérieur (dans les mêmes cellules glandulaires que la substance fuschinophile) et chez *Naucoris* et *Nepa* par le lobe antérieur.

B) L'ÉPITHÉLIUM INTESTINAL DE L'ASCARIS, [**112**, 1912],

Le tube intestinal de l'*Ascaris* est le seul organe d'absorption interposé entre le liquide coelomique et le milieu extérieur et l'on admet (Flury) que son épithélium fonctionne à la fois comme épithélium intestinal et comme un tissu hépatique. Le sang du Cheval contribue pour une part importante à l'alimentation de l'*Ascaris*; la cellule intestinale accumule du glycogène et des graisses neutres; mais elle renferme aussi des produits de transformation de l'hémoglobine, soit un pigment ferrugineux qui peut être isolé et paraît être identique à la rubigine du foie de Mammifère et un pigment vert soluble qui, contrairement aux résultats de Flury, donne la réaction de Gmelin.

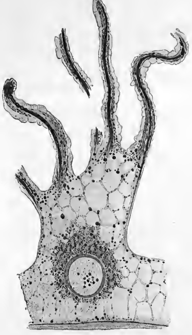


Fig. 20. — Grande cellule « à prolongements tentaculiformes » de Zeuckart constituant l'épithélium de l'ampoule séminale. — On voit le volumineux noyau entouré d'une couche colorable homogène (membrane?) et d'un chondriome assez dense; le reste du corps cellulaire avec de grandes alvéoles et des granulations graisseuses et mitochondriales dans les travées cytoplasmiques; les tentacules constitués par une fibre musculaire colorée en noir, un faisceau fibrilleire renfermant des granulations mitochondriales et graisseuses; et enfin une fine membrane plissée par la contraction (méthode de Sjovall).

C) ORGANES GÉNITAUX DE L'ASCARIS [**127**, 1913].

Les organes génitaux de l'*Ascaris* sont des formations tubulaires d'origine mésodermique reliées au pore génital par une portion ectodermique invaginée : canal éjaculateur ou vagin; j'ai apporté quelques nouvelles précisions sur la structure de cette partie, ainsi que sur la tunique musculaire qui enveloppe tout l'organe; mais j'ai surtout étudié comparativement les divers types de cellules qui constituent le

revêtement interne de la partie mésodermique des tubes génitaux; certaines de ces cellules semblent jouer un rôle purement mécanique (cellules villeuses de l'utérus); d'autres montrent des phénomènes d'élaboration; d'autres encore jouent un rôle phagocytaire en absorbant et en détruisant les résidus de la spermatogenèse (cellules pariétales du testicule) ou les spermatozoïdes inutilisés en voie de cytolyse (cellules à villosité de l'utérus); enfin les cellules de Leuckart de l'ampoule séminale sont de très curieux éléments fixes pourvus de longs prolongements tentaculiformes comportant une fibrille myoïde axiale et un faisceau de fibrilles élastiques, l'ensemble rappelant par sa disposition le pédicule des Vorticelles (fig. 20); ces sortes de tentacules sont animées de mouvements lents qui brassent les spermatozoïdes accumulés dans l'ampoule.

D) Structure de l'ovaire et des voies génitales chez Sabellaria alveolata. — [191, 1924].

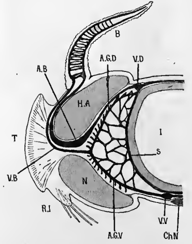


Fig. — 21. Demi-coupe schématique d'un segment abdominal de *Sabelleria alveolata*. — I, intestin. — HA, masse musculaire hœmale ou dorsale. — N, masse musculaire neurale ou ventrale. — ChN, chaîne nerveuse. — B, branchie; — T, tore sétigère de la rame supérieure du parapode. — RI, rame inférieure. — VD, vaisseau latéro-dorsal. — V V, vaisseau ventral. — AB, artère branchiale. — V.B., veine branchiale. — A. G. D, arc génital dorsal. — A. G. V, arc génital ventral. — S, sinus péri-intestinal.

L'emploi de la benzidine suivant la technique de M. Prenant m'a permis de com-

pléter les descriptions anatomiques de E. Meyer en montrant que chez *Sabellaria* le vaisseau branchial efférent contourne la masse musculaire dorsale, passe au-dessus de la masse ventrale, puis vient s'ouvrir dans le vaisseau génital; celui-ci comporte deux parties distinctes : l'arc inférieur ou neural qui se termine dans le vaisseau ventral, et l'arc supérieur ou hémal qui s'ouvre dans le sinus périentérique un peu au-dessous du vaisseau latéro-dorsal. Ces deux arcs s'étendent dans la paroi du dissépiment et sont encore reliés par un réseau capillaire au sinus périentérique

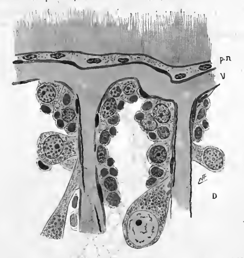


Fig. 22. — Coupe longitutinale du vaisseau génital et de deux digitations vasculaires; p. n, épithélium cilié du pavillon néphridial. — V, vaisseau génital. — D, digitation montrant dans sa région pariétale des fibres musculaires fortement colorées. — De place en place on observe des cellules conjonctives à noyau allongé appliquées sur la paroi vasculaire; au-dessus, ou bien à côté de ces éléments, on voit les cellules germinatives; oogonies et oocytes.

(fig. 21). Ils portent l'un et l'autre sur leur face postérieure toute une série de digitations simples qui s'allongent dans la cavité générale perpendiculairement aux dissépiments et qui portent les cellules sexuelles (fig. 22), oogonies en voie de division et oocytes en voie de croissance, groupées par îlots de seize cellules à différents états de développement. La face antérieure de chaque dissépiment porte un syncytium épithélial fortement cilié qui constitue le bord proximal largement étalé du pavillon

de la néphridie vectrice (Dehorne). J'ai constaté que ce syncytium cilié s'étend jusqu'à la cavité parapodique en passant entre les musculatures latérales, et que, soutenu par une lame conjonctive, il se recourbe en un cornet rapidement rétréci en une trompe courte, qui se termine au néphridiopore. La ponte est provoquée par des contractions musculaires qui compriment la cavité cœlomique et qui peuvent même provoquer une rupture des téguments.

E) Structure de l'ovaire de *Sternaspis scutata* [184, 1923].

Les organes génitaux de *Sternaspis* se forment aux dépens du revêtement épithélial de deux vaisseaux impairs issus du vaisseau ventral et de leurs ramifications de premier ordre (Priets); celles-ci parcourent chacun des quatre lobes de l'organe et envoient dans leur profondeur des capillaires très fins, de structure complexe; la lumière centrale est entourée par un épais réseau de substance collagène à l'extérieur de laquelle on observe 5 à 7 fibrilles longitudinales homogènes, probablement musculaires; l'ensemble est entouré par une gaine péritonéale contenant des noyaux aplatis. Il semble que l'accroissement des capillaires entraîne à partir des îlots germinatifs des oocytes de premier ordre enveloppés chacun d'une lame péritonéale. C'est pendant la croissance de l'oocyte et au moment où se forme la membrane vitelline, que cette cellule s'étale autour d'un repli vasculaire puis se resserre autour de l'anse ainsi formée qui se trouve incluse dans une zone protoplasmique granuleuse. A la maturité l'oocyte se détache entièrement de son anse vasculaire et la membrane vitelline se referme en formant une zone plissée autour d'un micropyle.

F) Cellules lymphatiques des Invertébrés [**195**, **201**, 1925; **208**, 1926; **211**, **212**, 1927].

J'ai étudié comparativement les amibocytes hyalins qui, chez tous les Invertébrés cœlomates, présentent le caractère commun de pouvoir se transformer en choanoleucocytes (voir Cytologie et Embryologie) et qui peuvent être comparés, comme Romieu l'avait pressenti, aux histiocytes des Vertébrés.

Les amibocytes observés *in vivo* à l'état quiescent sont des éléments rigides dont la forme, parfois très compliquée, est souvent caractéristique de l'espèce à laquelle ils appartiennent; suivant les cas examinés, ces cellules peuvent être fusiformes, lamellaires ou vésiculeuses. D'autre part A. Dehorne a décrit, chez un certain nombre d'amibocytes, des formations fibrillaires spéciales sur lesquelles nous insisterons plus loin et dont l'ensemble constitue ce qu'il nomme le « linome »; mais tous les amibocytes ne possèdent pas de linome et, comme il existe de nombreux intermédiaires entre les cellules fusiformes et lamellaires, nous pouvons distinguer trois types principaux d'amibocytes à l'état quiescent, soit :

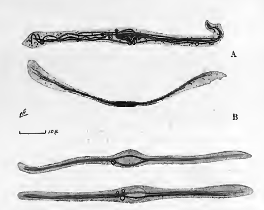


Fig. 23. — *Arenicola marina*. A. Amibocytes observés *in vivo* colorés par le violet dahlia. — B. Amibocytes fixés et colorés par la fuchsine.

Fig. 24. — *Nephtys Hombergi*. Deux amibocites après imprégnation osmique montrant le linome et le chondriome. Remarquer la masse sphéroïde contenant le noyau.

1° Les amibocytes fusiformes ou lamellaires avec un linome bien développé;

2° Les amibocytes fusiformes ou lamellaires sans linome;

3° Les amibocytes vésiculeux.

Les amibocytes du premier type se rencontrent chez les Annélides et particulièrement chez les Polychètes : *Arenicola marina* (fig. 23), *Amphitrite Johnstoni*, *Lanice conchylega*, *Nereis*, *Perinerie cultrifera*, *Glycera* (cellules énigmatiques de Kollmann). *Nephtys coeca* et *N. Hombergi* (fig. 24), etc., Lombriciens, etc., ainsi que, dans un cas très particulier, chez un Échinoderme, *Echinocardium cordatum*.

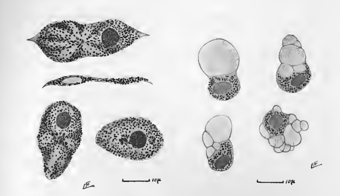


Fig. 25. — *Phascolosoma vulgare*. Amibocytes après imprégnation osmique montrant le chondriome et la sphère; l'un d'eux figuré de profil.

Fig. 26. — *Asterias rubens*. Amibocytes vésiculeux après imprégnation osmique montrant le chondriome.

Les amibocytes du second type se rencontrent chez des Crustacés : *Maja squinado*; des Annélides : *Polymnia nebulosa*, *Terebella lapidaria*; des Géphyriens : *Phascolion* et *Phascolosoma* (fig. 25).

Enfin les amibocytes du troisième type, bien caractérisés par Theel, sont particuliers aux Échinodermes : *Asterias rubens* (fig. 26), *Marthasterias glacialis*, *Asterina gibbosa*, *Paracentrotus lividus*, *Echinocardium cordatum*, *Synapta inherens*, etc. Mais ils existent également chez quelques Annélides du groupe des Spionidiens et chez des Mollusques (*Mya*).

Chez *Audouinia tentaculata* on observe uniquement, dans la cavité cœlomique, des masses plasmodiales irrégulières qui se forment aux dépens des cellules de revêtement péritonéal; leurs caractères physiologiques montrent qu'elles sont l'équivalent

des amibocytes hyalins qui n'existent pas chez cette espèce sous la forme de cellules individuelles.

II. — HISTOLOGIE PATHOLOGIQUE

A) Lésions pulmonaires dues aux gaz de combat [**154**, **156**, **158**, **159**, 1920].

Avec A. Mayer, A. Guieysse, Magne et F. Moreau j'ai étudié les lésions pulmonaires d'ordre cytologique et histologique déterminées par l'inhalation des gaz de combat.

Dans le cas des gaz suffocants, les altérations cytologiques initiales sont à peine sensibles et les lésions les plus importantes sont dues soit à la congestion hémorragique, soit à l'œdème aigu plus ou moins généralisé. Dans les cas de survie, on observe dès la troisième ou la quatrième heure uno infiltration leucocytaire précoce qui s'accentue progressivement et peut constituer de larges amas purulents qui refluent dans les bronchioles.

La résorption de ces masses leucocytaires s'accompagne ultérieurement d'une réaction des éléments propres du poumon, épithéliaux et conjonctifs, qui provoquent des lésions cicatricielles secondaires : atélectasie, alvéolite catharrale, alvéolite végétante.

Avec les gaz vésicants, les lésions cytologiques immédiates sont au contraire très intenses, provoquant rapidement des nécroses plus ou moins étendues. Le résultat est un tableau histo-pathologique toujours complexe, mais dominé par les aspects caractéristiques de la broncho-pneumonie et de l'alvéolite fibrineuse.

Lorsque l'atteinte du parenchyme pulmonaire par les gaz toxiques a été suffisamment faible, on observe seulement, avec un léger état congestif, une réaction inflammatoire caractérisée par la multiplication des cellules granuleuses — demeurées caractéristiques par leurs inclusions lipoïdes — et la néoformation d'épithéliums cubiques ou de cellules géantes.

Les lésions cutanées déterminées par les composés vésicants sont souvent assez différentes si l'on compare les effets produits sur l'Homme, le Cheval ou le Lapin. Les lésions immédiates de l'épiderme sont souvent peu visibles; elles sont suivies des phénomènes d'acantholyse et de ballonisation qui précèdent la formation des phlyctènes; le derme est le plus souvent oedématié et peut être le siège d'une infiltration leucocytaire considérable, diffuse ou localisée, en même temps que d'une réaction importante des cellules conjonctives fixes qui se mobilisent et se multiplient.

B) Vaselinomes [**137**, 1917].

Les injections intramusculaires de préparations médicamenteuses utilisant l'huile de vaseline ont provoqué des lésions exhubérantes dont le diagnostic était

parfois difficile. Quelques cas avaient été examinés par J.-L. Faure, Pierre Masson, Nageotte; avec le Médecin-Inspecteur Jacob j'ai montré que la structure de ces pseudonéoplasmes était tout à fait comparable à celle des paraffinomes décrits par de Buck et Broeckaert et que l'on pouvait toujours retrouver, même après de longs mois, des traces plus ou moins importantes entourées par des cellules géantes encapsulées elles-mêmes dans de véritables kystes fibreux. D'autre part, des gouttes d'huile transportées par des macrophages, peuvent devenir le point de départ de métastases éloignées.

C) Abcès aseptiques provoqués par l'injection de différents carbures [**143 147, 148, 152**, 1919, 1920].

Les vaselinomes accidentels m'ont conduit à reprendre l'étude histologique et expérimentale de différents abcès aseptiques provoqués par l'injection de substances caustiques (térébenthine) et par différents carbures d'hydrogène.

Les carbures sont insolubles dans l'eau. Injectés dans les tissus, la plupart d'entre eux ne peuvent diffuser d'aucune manière et demeurent à l'état d'inclusion persistante non miscible avec les éléments hydratés des tissus qui les entourent. Ils se comportent donc eux-mêmes comme des corps étrangers, généralement aseptiques ou incapables de favoriser une multiplication bactérienne; très résistants au point de vue chimique, ils sont inattaquables pour les ferments cellulaires, qui ne peuvent les transformer en produits solubles; ils ne sont donc pas éliminés ou très faiblement. Les mouvements musculaires et l'activité des cellules phagocytes sont leur seule cause de dissémination à travers l'organisme. Mais à côté de leurs propriétés négatives, ces corps se montrent capables d'irriter les tissus qui les renferment, de déterminer une inflammation et d'appeler les leucocytes; ils sont essentiellement pyogènes en un mot.

Il existe une autre catégorie de carbures constituée par les huiles de vaseline, les vaselines et les paraffines; ces corps sont totalement insolubles dans l'eau et leur inertie chimique est remarquable. Ils ne semblent pas être irritants; ils ne sont généralement pas pyogènes et, si leur injection aseptique peut déterminer quelques troubles locaux, les lésions qu'entraîne leurs présence dans les tissus évoluent très lentement sans formation de pus, et se terminent par un enkystement fibreux.

La comparaison d'une série de carbures liquides des séries benzénique et cyclohexanique ou du groupe des paraffines montre que les propriétés physiques de ces corps sont plus importantes que tout autre en ce qui concerne leur action sur les tissus.

D'autre part j'ai constaté que si les carbures de la série des vaselines et des paraffines sont toujours et seulement l'origine d'une hypertrophie des éléments

conjonctifs et particulièrement des macrophages, les carbures et les essences pyogènes déterminent eux aussi une excitation conjonctive tout autour des régions dilacérées par l'infiltration leucocytaire massive.

D) Cicatrisation des plaies [**138**, **139**, **140**, **142**, **144**, 1918, 1920].

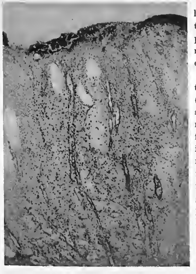


Fig. 27. — Cicatrisation des Brûlures sous les pansements isolants paraffinés. Coupe d'un bourgeon charnu montrant une région superficielle fortement infiltrée de leucocytes, recouvrant un tissu conjonctif lâche, œdématié dans lequel les capillaires se développent rapidement, servant d'armature à l'organisation définitive du tissu cicatriciel.

Avec Louis Bazy j'ai étudié la topographie des lésions nécrotiques et infectieuse dans des plaies de guerre anfractueuses réséquées chirurgicalement pour obtenir une guérison plus rapide.

Avec Pfulb j'ai étudié la cicatrisation des plaies superficielles (brûlures) telle qu'elle se produit sous les pansements isolants paraffinés. J'ai constaté que la surface de ces plaies est toujours infectée, mais que cette infection reste strictement superficielle et ne traverse pas le revêtement fibrineux qui couvre les tissus de bourgeonnement (fig. 27) et se trouve protégé par la paraffine contre les déchirements accidentels.

Dans ces conditions on observe un drainage lymphatique important avec un passage continuel de leucocytes (fig. 27); le tissu de bourgeonnement s'organise régulièrement et rapidement et — fait paradoxal — la vitesse de cicatrisation mesurée suivant la méthode de Carrel et Lecomte du Noüy est la même que pour des plaies stérilisées au liquide de Dakin.

ZOOLOGIE SYSTÉMATIQUE
PROTOZOAIRES

Mes recherches zoologiques ont porté sur la faune des Protozoaires marins ou d'eau douce et plus spécialement sur les Infusoires ciliés. J'ai résumé dans le chapitre Cytologie les contributions que l'étude de ces microorganismes m'ont permis d'apporter à des problèmes de cytologie générale, structure du protoplasma, disposition et nature du chondriome, physiologie du mouvement ciliaire ou contractile, etc.

Beaucoup d'autres observations se rapportent à la cytologie spéciale de ces organismes dont on sait qu'ils peuvent atteindre un haut degré de différenciation, de sorte que l'on peut considérer, avec Maupas, une véritable anatomie comparée des Infusoires ciliés.

J'ai pu montrer dans ce sens que l'appareil ciliaire peut subir des transformations et des adaptations encore plus profondes que celles déjà reconnues par Stein, Bütschli et Maupas et utilisées comme bases de la classification. Certains dispositifs peuvent être homologués comme les restes d'une ciliature somatique appartenant à un type plus simple et préciser ainsi les affinités de certains groupes (Vorticellides, Tintinnoïdiens).

J'ai montré que, dans un même groupe (Vorticellides, par exemple) les différentes structures présentées par l'appareil fixateur peuvent être toutes rattachées logiquement à un type initial commun.

Inversement, j'ai constaté que des structures *équivalentes* peuvent être réalisées à partir d'éléments morphologiquement dissemblables, chez des Infusoires appartenant à des groupes différents, mais vivant dans des conditions comparables (Infusoires planktoniques, Infusoires fixés). Il s'agit alors d'adaptations par « convergence » dont j'ai pu observer un grand nombre de cas.

I. — RHIZOPODES, FORAMINIFÈRES

Cochliopodium pellucidum [**20**, 1905].

Étude cytologique sur la structure de cet amœbien partiellement recouvert par une cuticule complexe adhérente au protoplasma et différant par là même de la

coque des Thécamœbiens. Au moment de l'enkystement, on observe une accumulation de glycogène dans le cytoplasma.

Revision de la famille des Textularides [95, 1911].

J'ai montré que chez les *Gaudryina*, *Clavulina* et *Bigenerina*, le ciment qui unit les grains de sable du test est de nature chitineuse et que la masse sarcodique de ces Rhizopodes est enveloppée dans une membrane chitineuse imperforée, à la surface de laquelle se trouvent les grains de sable.

Il semble donc logique de disjoindre les formes de la famille des Textularidae et de faire un groupe de Rhizopodes chitino-arénacés dont les Arcelles et les Difflugies représentent les formes monothalames, les Clavulines, les Gaudryines et les Bigenerines, les formes polythalames.

Variation d'une espèce du genre *Haplophragmium* [75, 91, 1910],

Les espèces du genre *Haplophragmium* sont caractérisées par le mode d'enroulement plus ou moins régulier ou symétrique du test arénacé et par les éléments constitutifs de celui-ci. En comparant les individus d'une même espèce pris au même endroit, on constate que la nature du test dépend dans une certaine mesure de la nature du fond sur lequel se trouve l'espèce et que le mode d'enroulement est très variable. La comparaison des polygones de variabilité traduisant pour une même population la fréquence relative des différents modes d'enroulement montre que le nombre des espèces décrites jusqu'ici doit être réduit dans certains cas à un certain nombre de variétés géographiques.

Foraminifères de la seconde Mission antarctique française [82, 1910; 126, 1912].

Les espèces draguées aux Shetland du Sud sont peu nombreuses et possèdent un caractère général commun : ce sont des espèces ubiquistes, connues sous toutes les latitudes; mais les unes sont des espèces habitant toujours les eaux froides; elles sont donc naturellement adaptées aux régions polaires. Les autres habitant toutes les profondeurs, sont adaptées à toutes les températures et il n'est pas extraordinaire dans ce cas de les rencontrer dans les hautes latitudes. Il n'existe donc pas de formes spéciales aux mers antarctiques pas plus qu'il n'en existe de spéciales aux mers arctiques (Awerinzew). Dans l'un et l'autre cas, lorsqu'on rencontre une faune restreinte, celle de l'Océan glacial du Nord ou celle des Shetland du Sud par exemple, cette faune est constituée par les espèces de Foraminifères les plus répandues et les plus résistantes ou les mieux adaptées.

II. — DINOFLAGELLÉS

Périniniens de la baie de la Hougue et la baie du Croisic [**55**, 1908; **189**, 1923].

Études morphologiques sur un certain nombre de formes néritiques appartenant au genre *Peridiniuna*, au genre *Dinophysis* et au genre *Ceratium* trouvées dans les pêches planktoniques.

Erythropsis agilis [**135**, 1914].

Au moment où j'ai publié ces observations, l'*Erythropsis agilis* n'avait été vu qu'un petit nombre de fois; vérifiant les observations de Pavillard j'ai montré qu'il appartenait au groupe des Gymnodiniens et était voisin des *Pouchetia*. Précisant un certain nombre de détails de sa structure cytologique : cytoplasma, noyau, stigma, appareil flagellaire, appendice contractile, j'ai pensé que celui-ci était dorsal. Cette opinion n'a pas été vérifiée par Kofoid qui a consacré ultérieurement un important travail aux différentes formes d'*Erythropsis* du plankton de la baie de San Diego.

III. — INFUSOIRES HOLOTRICHES

Deux infusoires nouveaux de la famille des Trachedilae : *Loxophyllum soliforme* sp. nov. et *Legendrea Loyezae*. sp. nov. [**59**, 1908].

Legendrea Loyezae est un holotriche vasicole portant à sa partie postérieure une vingtaine d'appendices digités souples, élastiques mais non mobiles et portant à leur extrémité un petit faisceau de trichocystes. Penard a trouvé depuis lors deux nouvelles formes appartenant à ce genre.

Anoplophrya striata. [**64**, 1908]. Dujardin.

Mycterothrix tuamotuensis (*Trichorynchus tuamotuensis*) [**47**, 1907; **94**, 1910].

Cet Infusoire de la famille des Microthoracinæ vit dans les Mousses et s'enkyste pendant les périodes de sécheresse; il est ordinairement fixé par quelques cils postérieurs au fond d'une logette muqueuse et présente au-dessus du péristome un rostre muni de longues soies rigides.

Holotriches planktoniques [**190**, 1924].

Holophrya Kessleri Mereschkowski; *Holophrya Gargamellae*, sp. nov. (fig. 28) espèce planktonique d'eau douce caractérisée par un péristome apical largement développé.

Spathidium Lieberkuhni Bütschli; *Phascolodon vorticella*, Stein; *Coleps hirtus* var. nov. *lacustris*; *Tiarina fusus* Cla. et Lach.; *Dichilum platessoides*, sp. nov.; *Leucophrys ovum*, sp. nov.; *Leucophrys tetraedrica* sp. nov. (fig. 29); la forme tétraédrique de cet Infusoire est très caractéristique, la face centrale dessine un triangle isocèle, et son côté antérieur est formé par la base opposée à l'angle aigu. Le sillon

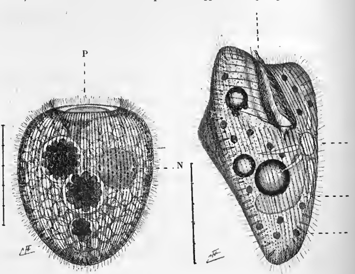


Fig. 28. — *Holophrya Gargamellae*. — P, Péristome; N, Noyau.

Fig. 29. — *Leucophrys tetraedrica*.

péristomien déprime légèrement le bord antérieur ou frontal et s'allonge dans une direction légèrement oblique, jusqu'au tiers antérieur de la face ventrale; essentiellement planktonique, il nage en tournant sur lui-même et son cytoplasma renferme toujours quelques grosses gouttes d'huile.

Lembadion conchoides, sp. nov.; espèce planktonique d'eau douce très étroitement apparentée au *L. bullinum* O. F. Muller mais présentant un développement considérable de la cavité péristomienne et de la membrane ondulante droite.

IV. — INFUSOIRES OLIGOTRICHES

LE GENRE *Cyclotrichium* Meunier [**190**, 1924].

Cyclotrichium gigas, sp. nov. (fig. 30); *C. sphæricum*, sp. nov.; *C. ovatum*, sp. nov.; espèces planktoniques marines voisines de *C. cyclokaryon* décrit par Meunier, dans le plankton de la mer de Barentz, et caractérisé par la grande dimension du corps,

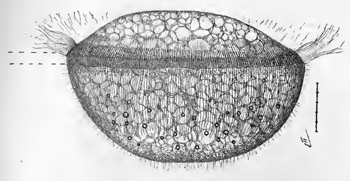


Fig. 30. — *Cyclotrichium gigas.*

l'aspect vacuolaire du cytoplasma, l'absence d'un cytostome et l'existence d'une très large couronne ciliaire.

Ces diverses formes constituent un intermédiaire entre les *Holophrya* et les Oligotriches proprement dits.

J'ai proposé la révision des genres *Strombidinopsis, Strobilidium Halteria* et *Strombidium*, [**60**, **61**, 1908]. En réunissant dans les deux genres *Strombidinopsis* et *Strobilidium* toutes les formes non loriquées, à symétrie axiale, à péristome fermé par une frange adorale annulaire et à ciliature somatique uniforme ou réduite, ou nulle, on constitue un chaînon intermédiaire pour une série morphologique absolument continue qui commence aux *Holophrya* planktoniques pour aboutir aux Tintinnoïdiens, série de formes qui appartiennent successivement aux trois types Holotriche (*Holophrya*), Hétérotriche (*Cyclotrichium, Strombidinopsis*) et Oligotriche (*Strobilidium*; Tintinnoïdiens).

D'autre part, certaines formes du genre *Strombidium* [**108**, 1912], telles que

S. sulcatum Cla. et Lach. et *S. lagenula* sp. nov. conduisent aux formes curieuses du genre *Tontonia* (nov. gen.) [**134**, 1914], *T. appendiculariformis*, sp. nov. (fig. 31)

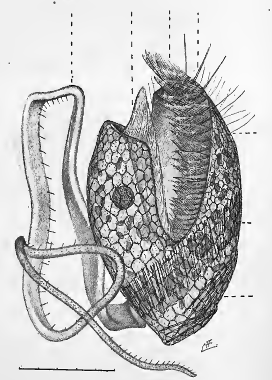


Fig. 31. — *Tontonia appendiculariformis* montrant l'appendice caudal enroulé, le péristome et le revêtement superficiel formé de plaquettes polygonales.

et *T. gracilima*, sp. nov. (fig. 32), espèces planktoniques marines caractérisées par un appendice caudal rétractile, fonctionnant à la manière d'un flagelle ou plus exactement encore de la queue d'une Appendiculaire.

D'autres formes du genre *Strombidium* sont caractérisées par un revêtement

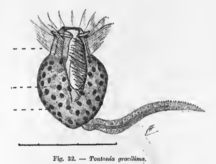


Fig. 32. — *Tontonia gracilima.*

de plaquettes polygonales juxtaposées, accolées à la surface du corps : *S. testaceum* Anigstein, *S. mirabile* Penard, *Labœa strobila* Lohmann que j'ai trouvé dans le plankton du Croisic.

TINTINNOÏDIENS [**55**, 1908; **36**, 1906; **56**, 1908; **190**, 1924].

Les Tintinnoïdiens constituent une famille naturelle et très homogène; l'organisation des Infusoires est identique à ou très voisine de celle des *Strobilidium*, la seule différence importante étant la sécrétion d'une thèque ou « lorica » dont les formes différentes sont en général le caractère le plus important pour la discrimination des espèces. J'ai montré que chez tous les Tintinnoïdiens, on peut retrouver certains détails morphologiques qui rappellent leur parenté avec les *Strobilidium* ou même les *Holophryinae*; ce sont par exemple, l'existence d'un champ ciliaire latéral, reste d'un ciliature somatique souvent bordé par une membrane ondulante et la disposition même du péristome; j'ai précisé d'autres détails : présence d'un lobe protoplasmique latéral, existence de longs cils fixateurs, etc., etc., et ces différents faits ont été retrouvés par Jorgensen; j'ai étudié les espèces suivantes planktoniques marines ou d'eau douce : *Tintinnidium fluviatile* Stein, *Tintinnopsis lacustris* Entz sen. forma *lævis; Tintinnopsis campanula* Ehrb; *Tintinnopsis Bütschlii* Daday; *Tintinnopsis ventricosa* Clap. et Lach. (fig. 33); *Tintinnus Fraknoii* v. Daday. Genre *Cyttarocyclis* Fol. : *Cyttarocyclis serrata* Möbius; *Cyttarocyclis denticulata* Ehrenberg; *Cyttarocyclis denticulata* var. *gigantea* Brandt forma *edentata*;

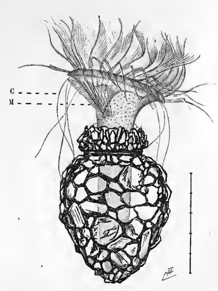


Fig. 33. — *Tintinnopsis ventricosa* Cl. et L. montrant le champ ciliaire latéral bordé par une membrane ondulante *M* et les longs cils *C* qui se fixent à la lorica.

Amphorella subulata Ehrb. var. *edentata*. *Amphorella quadrilineata* Clap. et Lach. *Tintinnidium inquilinum* O. F. Muller.

V. — INFUSOIRES HÉTÉROTRICHES

J'ai étudié quelques formes planktoniques nouvelles [**190**, 1924]; telles sont : *Thylakidium pseudobursaria*, sp. nov. Cette forme d'eau douce ressemble à première vue à *Bursaria truncatella*. dont elle se distingue par la disposition du péristome, une couronne ciliaire antérieure différenciée et la présence de trychocystes (fig. 34).

Climacostomum diedum sp. nov. : espèce pélagique marine caractérisée par un aspect foliacé, par une plicature médiane et par le très grand développement de la frange adorale (fig. 35, III).

Peritromus ovale, sp. nov. et *P. gigas*, sp. nov. (fig. 35); ces deux formes plankto-

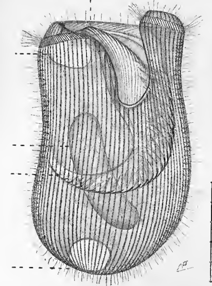


Fig. 34. — *Thylakidium pseudobursaria.*

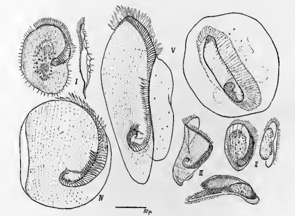


Fig. 35. — I, *Peritromus Emmae*; II, *P. ovale*; III, *Climacostomum diedrum*; IV et V, *Peritromus gigas.*

niques marines sont voisines du *P. Emmæ* Stein et du *Climacostomum diedrum*; mais, surtout chez *P. gigas* qui est un Infusoire de grande taille, le bord du limbe protoplasmique est essentiellement contractile et peut se resserrer sur lui-même en enfermant la frange adorale dans une cavité temporaire.

D'autre part, j'ai précisé les données morphologiques et cytologiques relatives à deux infusoires des Marais salants *Fabrea salina* Henneguy et *Condylostoma patens* Stein [**108**, 1912] et à un Infusoire planktonique d'eau douce, *Condylostoma vorticella* Ehrb (**165, 1924**).

VI. — INFUSOIRES HYPOTRICHES

Ancystropodium Maupasi nov. gen. nov. sp. [**46**, 1907; **57**, 1908]. Cet Hypotriche est voisin des *Stylonichia* et des *Gastrostyla*, mais la série des cirres transversaux est particulièrement adaptée au rôle fixateur; cette série est portée par un plateau étroit et rigide rattaché au corps de l'Infusoire par un cordon cytoplasmique extrêmement contractile, capable de s'allonger longuement ou de se rétracter entièrement. Lorsque l'Infusoire est fixée, on constate que la disposition du péristome et du pédicule contractible réalise un dispositif équivalant à la structure des Vorticellides.

Epiclintes ambiguus O. F. Muller. [**106**, **108**, 1912].

Cet Infusoire présente une aire de répartition assez large puisqu'on le trouve à la fois dans la mer Baltique et dans les marais salants, sans présenter de différences vraiment importantes. Son cytoplasma très riche en substances lipoïdes présente des propriétés physiques assez curieuses.

VII. — INFUSOIRES DISCOTRICHES

La structure générale du péristome assure au groupe des Discotriches une grande unité, mais le haut degré de différenciation atteint par ces Infusoires et par leur appareil fixateur permet de distinguer un très grand nombre d'espèces.

Structure de l'appareil fixateur des Vorticellides [**2**, **4**, **9**, **10**, **12**, 1904; **13**, **14**, 1905; **40**, 1906; **43**, 1907; **85**, 1910].

J'ai montré que chez les Infusoires ciliés en général, la fixation est très souvent réalisée par le moyen d'une différenciation spéciale et localisée de l'appareil ciliaire; chez les Vorticellides, on trouve à la partie postérieure du corps, un organe particulier, cytologiquement comparable à une bordure en brosse; c'est la *scopula*,

constituée par un ensemble de cils rigides plus ou moins développés possédant chacun un corpuscule basal et représentant le vestige d'une ciliature somatique générale; l'*Hemispeira asteriasi* Fabre-Domergue paraît être une forme intermédiaire permettant de relier ce groupe aux Ancystridiens et par conséquent aux Infusoires Holotriches. La scopula des Vorticellides sécrète chez certaines espèces une série de tubes chitineux dont l'ensemble est l'équivalent d'une cuticule. Leur disposition générale est très variable et l'adjonction d'une pellicule extérieure sécrétée par le bourrelet protoplasmique périscopulien, comme la différenciation d'un cordon central comportant de fortes fibrilles myoïdes, permet d'établir un schéma général de l'appareil fixateur qui explique toutes les formes connues, contractiles ou non contractiles. Cette structure a été depuis lors reconnue et acceptée par de nombreux auteurs; Collin en a étendu le schéma à l'organisation des Infusoires tentaculifères.

Le genre *Cochlearia* nov. gen. [**1**, 1904].

J'ai décrit quelques formes voisine des *Opercularia*, chez lesquelles le disque est allongé verticalement et affecte la forme d'un cylindre irrégulier autour duquel la frange adorale décrit deux tours de spire allongée, évoquant ainsi l'aspect d'une vis plus que d'un opercule. Collin a décrit ultérieurement des formes chez lesquelles cette disposition est considérablement exagérée.

Vorticellides planktoniques [**30**, 1906; **160**, 1920; **190**, 1924].

A côté de *Astylozoon piriforme* Schewiakoff, et de *Hastatella radians* Erlanger, j'ai décrit une variété de *Vorticella convallaria* pourvus d'un long pédoncule contractile dont l'extrémité distale acuminée n'est jamais fixée, et une petite espèce, *Vorticella Mayeri*, sp. nov. essen-

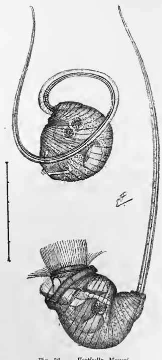


Fig. 36. — *Vorticella Mayeri*.

tiellement planktonique d'eau douce, chez laquelle le pédicule est transformé en une sorte de fouet contractile (fig. 36).

Opisthonecta Henneguyi, sp. nov. est au contraire une espèce de grande taille qui ne forme jamais de pédoncule et ne porte pas d'organe scopulien, et qui diffère suffisamment des Astylozoon par tout un ensemble de caractères (structure du péristome, formation de kystes de protection), pour constituer un genre à part. Par contre l'*Epistylis fluitans*, sp. nov. possède une scopula et sécrète un pédicule qui se fixe seulement à la surface de l'eau et se ramifie régulièrement à chaque division. Cette espèce doit être considérée comme une forme flottante plutôt que comme une forme réellement planktonique.

Variabilité de certaines formes [**21**, 1906; **34**, 1910; **7**, 1904]

Il semble que dans le genre *Vorticella* un certain nombre des espèces décrites ne répondent qu'à des différences d'aspect créées par les conditions de milieu; c'est ce que j'ai montré dans le cas de la *Vorticella microstoma* qui dans certains cas prend l'aspect de la *Vorticella hyans*. De même la *Vorticella citrina* correspondrait seulement à un état physiologique particulier de *V. convallaria*.

Commensalisme des *Opercularia* [**37**, **38**, **39**, 1906].

Les Insectes aquatiques (Hémiptères et Coléoptères) portent fréquemment sur leurs pattes et sur leurs corps des colonies d'*Opercularia*; celles-ci semblent correspondre pour chaque sorte d'hôte à des espèces distinctes bien que leurs différences morphologiques soient souvent assez faibles; je n'ai jamais pu obtenir le passage de l'une de ces formes à un Insecte différent de celui auquel elles sont adaptées.

Cytologie des Vorticellides [**14**, 1905; **11**, 1904; **43**, 1907; **16**, 1905; **17**, 1905; **29**, 1906; **66**, 1909; **133**, 1914; **202**, 1923].

En dehors de la structure de l'appareil fixateur, la haute différenciation des Vorticellides m'a conduit à étudier certains détails d'ordre cytologique; structure des éléments contractiles, structure de l'appareil ciliaire, formation des vacuoles alimentaires dans la masse protoplasmique, etc. Chez *Campanella* j'ai observé l'existence de vacuoles colorables par le rouge neutre contenant des produits de sécrétions et tout à fait comparables aux vacuoles ragiocrines de Renaut. Ce même Infusoire renferme d'après les observations de Goldfuss des nématoscystes comparables à ceux de quelques Gymnodiniens. J'ai constaté que leur présence est irrégulière, ce qui m'a fait pensé qu'ils pouvaient n'être que des Microsporidies parasites.

Quelques Vorticellides : *Campanella umbellaria*, *Epistilis galea*, *Zoothamnium*, etc., montrent une structure spéciale de la vacuole contractile, laquelle possède une paroi propre, permanente, que j'ai décrite en 1905. Nassonov a retrouvé cette structure qu'il identifie à l'appareil de Golgi; j'ai discuté cette question plus récemment (1925).

Les Vorticellides de la famille des *Vaginicolinæ* produisent une coque chitineuse dont j'ai montré par l'emploi du rouge Congo le mode de sécrétion exactement localisé à toute une région de l'ectoplasma.

Le cas de *Trichodinopsis paradoxa* Cl. et L.

Cet Infusoire, qui appartient à la famille des Trichodines, était caractérisé par un revêtement ciliaire complet tout à fait anormal dans le groupe des Infusoires discotriches. J'ai montré qu'il s'agissait d'une simple apparence donnée par un revêtement de Spirilles fixées sur la cuticule de cet Infusoire parasite et vivant probablement en symbiose avec lui. Ce fait a été confirmé depuis par Cépède.

ENSEIGNEMENT

I. — RÉSUMÉ DES LEÇONS PROFESSÉES AU COLLÈGE DE FRANCE

L'ÉNERGÉTIQUE DES PREMIERS STADES DU DÉVELOPPEMENT ET LES LOIS DE CROISSANCE DES ORGANISMES ET DES TISSUS (année 1922-1923).

1° Constituants chimiques de la cellule; leur état physique; leurs variations.

2° Croissance cellulaire et division cellulaire; cellules permanentes, cellules stables et cellules labiles. Relation nucléoplasmique et grandeur cellulaire.

Variation expérimentale du rapport nucléoplasmique, action de la température.

3° Mécanismes de la division cellulaire. Phénomènes nucléaires; phénomènes protoplasmiques; étude expérimentale de la figure achromatique. Action de la température; variations des propriétés physiques du protoplasma pendant la division.

4° Énergétique du développement embryonnaire. Analyse des travaux effectués sur différents animaux.

5° Les diverses périodes de la croissance d'un organisme. Courbe de croissance. Cycle de croissance. Croissance relative des différents organes, variation de composition chimique au cours du développement.

6° Accroissement d'une lignée cellulaire indéfinie. Étude des cultures de Protozoaires et des cultures de tissus.

L'ensemble du cours a été publié en un volume : *La Cinétique du développement* (« Les problèmes biologiques ». Presses universitaires, 1925).

CINÉTIQUE DU DÉVELOPPEMENT. CONDITIONS PERMETTANT LA FORMATION DE COMPLEXES CELLULAIRES ET DE TISSUS (ANNÉE 1924-1925).

1° Étude du mouvement amiboïde sous ses différents aspects; état quiescent et état actif; travaux et observations relatifs aux Amibes et aux amibocytes des Invertébrés.

Mécanisme de la déformation pseudopodique. Critique des diverses théories.

Adhérence et étalement des cellules déformables; conditions générales d'équilibre d'une telle cellule; Protozoaires et cellules dites « explosives ».

2° La phagocytose; méthodes de mesure; analyse du phénomène : action de la température; étude statistique; probabilité et efficacité des rencontres entre cellules et particules; opsonisation.

3° Agglutination cellulaire ; conditions générales; stabilité des suspensions. Différence de potentiel critique; influence des sels; Agglutination des amibocytes. Notion de complexes cellulaires; étude des cellules géantes.

4° Cytotropismes. Formation des pseudo-tissus; analyse des travaux de Léo Loeb. Comparaison avec la culture des tissus. Réalisation progressive des structures.

5° Complexes de cellules dissemblables. Analyse des recherches faites sur la reconstitution des Éponges à partir de leurs éléments dissociés.

Mécanisme de la formation des complexes; leur évolution; notion de stéréotopie cellulaire.

Le mécanisme de la division cellulaire mitotique (année 1926-1927).

1° Le mécanisme de la division mitotique.

Interprétations diverses du mécanisme de la division en général et de la division indirecte en particulier. Critique des théories fondées sur la notion des charges électriques.

Théorie du dualisme chromatique et nucléaire.

Promitose, mésomitose, métamitose. Étude détaillée de différents cas chez les Protozoaires et les Protophytes.

Les changements d'états cellulaires envisagés au point de vue physico-chimique. Gélation et solation. Structure des gels; structures colloïdales micro-cristallines, formation des filaments.

2° Modification expérimentale de la division mitotique.

Facteurs agissant sur la figure achromatique, formation expérimentale de cytasters, mitoses multipolaires, etc.

Action de la température; dissociation des différents stades de la mitose.

Coefficient et indices mitotiques. Critique des méthodes employées.

Action des radiations.

Accroissement expérimental du taux de la division cellulaire.

Multiplication cellulaire *in vitro*. Tréphones. Substance X de Robertson.

Analyse des travaux de Gurwitsch et de Magrou sur l'induction à distance.

Rôle du métabolisme. Division cellulaire et croissance cellulaire.

II. — DOCUMENTATION SCIENTIFIQUE

A) Articles, Revues et Ouvrages de mise au point (**49**, **65**, **103**, **104**, **131**, **132**, **193**, **210**).

J'ai publié dans différents périodiques des articles de documentation bibliographique ou de vulgarisation, relatifs à des questions de cytologie et de technique histologique; dans un petit ouvrage de la collection des « Mises au Point » (**210**) j'ai examiné quel est l'état actuel des sciences embryogéniques en m'efforçant de rendre la lecture de cet exposé général accessible au lecteur non spécialisé.

B) Collection de monographies « Les Problèmes biologiques ».

Avec André Mayer nous avons fondé une collection de monographies intitulée « Les Problèmes biologiques ». Les volumes de cette collection sont écrits par des chercheurs pour des chercheurs; ils passeront en revue les questions de Physiologie et de Biologie générales qui préoccupent actuellement les expérimentateurs et apporteront pour chacune d'elles une mise au point aussi claire et complète que possible, accompagnée d'une bibliographie très étendue. De telles monographies, indispensables à l'homme de laboratoire, sont un précieux instrument de travail pour le Professeur, le Praticien et le Médecin; car elles permettent de suivre le mouvement actuel des sciences biologiques.

Les volumes suivants sont déjà publiés : *Le Métabolisme de base*, par Terroine et Zunz; *La concentration en ions hydrogène de l'eau de mer*, par Legendre; *L'excitabilité en fonction du temps*, par L. Lapicque; *L'œuf et ses localisations germinales*, par Duesberg; *Physiologie normale et pathologique du globulin*, par J. Roskam; *Aspects actuels de la physiologie du myocarde*, par H. Fredericq; *Les données et les inconnues du problème alimentaire*, par Randoin et Simonnet; *L'Urée*, par R. Fosse; *Les Bases physiologiques de la fécondation et de la parthénogenèse*, par A. Dalcq.

C'est dans cette collection que j'ai publié l'ensemble d'un de mes cours (**194**).

C) Bibliographie biologique.

Dès la fin de l'année 1918, je me suis occupé de quelques organisations : Fédération des Sociétés de Sciences naturelles, puis Confédération des Sociétés scientifiques françaises et Comité national de Recherches pour les Sciences biologiques, qui se sont proposé de provoquer ou d'aider la publication de périodiques de bibliographie en langue française.

J'ai résumé les premiers résultats de cet effort dans un article de la *Revue Scientifique* (173 *bis*) et dans un rapport intitulé « Le mouvement actuel pour la réorganisation des recherches scientifiques en France » (1921). M'occupant ensuite plus spécialement de la bibliographie biologique, j'ai présenté à la troisième session de l'Union internationale des Sciences biologiques (Bruxelles, 1925) un rapport détaillé sur l'ensemble des périodiques de documentation relatifs aux diverses branches de la Biologie et de la Médecine : répertoires bibliographiques et documentations analytiques (Publications de l'U. I. S. B., nº 1, 1926).

C'est à ce titre que j'ai été appelé à faire partie du Comité de direction de l'*Année Biologique* et à participer à une réunion d'experts provoquée par l'Institut International de Coopération Intellectuelle (1927).

LISTE DES PUBLICATIONS

DE

M. E. FAURÉ-FREMIET

1904

1. **Note sur un groupe nouveau d' « Opercularia ».** *Arch. d'Anat. Microsc.*, t. VII, fasc. 1, p. 181.
2. **Sur le pédoncule de quelques Vorticelles.** *C. R. Acad. Scien.*, 18 avril 1904.
3. **Sur la structure du protoplasma chez les Vorticellidae.** *C. R. Soc. Biol.*, t. LVI, p. 764.
4. **Structure du pédoncule du « Carchesium aselli ».** *C. R. Soc. Biol.*, t. LVII, p. 428.
5. **Sur la structure du protoplasma chez les Infusoires ciliés.** *C. R. Soc. Biol.*, t. LVII, p. 123.
6. **La Vorticelle Muguet.** *La Nature*, 32e année, no 1621, 18 juin 1904.
7. **« Vorticella citrina » et fonction adipogénique chez les Vorticellidae.** *C. R. Soc. Biol.*, t. LVII, p. 390.
8. **Épuration et rajeunissement chez les Vorticellidae.** *C. R. Soc. Biol.*, t. LVII, p. 428.
9. **Appareil fixateur des Discotriches et ses indications au point de vue de la philogenèse.** *C. R. Soc. Biol.*, t. LVII, p. 464.
10. **Sur la structure du pédoncule chez les Vorticellidae.** *C. R. Soc. Biol.*, t. LVII, p. 506.
11. **Sur la formation de la coque et sa structure chez les Vaginicolinae.** *C. R. Soc. Biol.*, t. LVII, p. 551.
12. **Sur l'appareil contractile des Vorticellidae.** *C. R. Soc. Biol.*, t. LVII, p. 575.

1905

13. **La structure de l'appareil fixateur chez les Vorticellidae.** *Arch. für Protist.* Bd. 6, p. 207-226.

14. **Sur l'organisation de la « Campanella umbellaria ».** *C. R. Soc. Biol.*, t. LVIII, p. 215.
15. **Organisation du « Cochliopodium pellucidum ».** *C. R. Soc. Biol.*, t. LVIII, p. 905.
16. **Les membranes périvacuolaires chez les Infusoires ciliés.** *C. R. Soc. Biol.*; t. LVIII, p. 601.
17. **Sur la structure du macronucleus chez les Vorticellidae.** *C. R. Soc. Biol.*, t. LVIII, p. 602.
18. **Sur une sécrétion interne chez le « Cochliopodium pellucidum ».** *C. R. Soc. Biol.*, t. LVIII, p. 905.
19. **Note sur quelques formes nouvelles de Vorticellidae.** *Zoologischer Anzeiger*, Bd. 29, p. 430.
20. **Le « Cochliopodium pellucidum » var. « putrinum ».** *Arch. d'Anat. Micros.*, t. VIII, p. 1.
21. **Sur une variation expérimentale chez la « Vorticella microstoma ».** *C. R. Soc. Biol.*, t. LIX, p. 424.
22. **Sur la structure intime du protoplasma chez les Protozoaires.** *C. R. Soc. Biol.*, t. LIX, p. 612-697.
23. **Théorie sphérulaire et structure du noyau.** *C. R. Soc. Biol.*, t. LIX, p. 699.
24. **L' « Epistylis gasterostei » et l'origine des Urcéolaires.** *C. R. Soc. Biol.*, t. LX, p. 347.
25. **Sur la structure intime du protoplasma chez les Protozoaires.** *C. R. Soc. Biol.*, t. LX, p. 389.

1906

26. **Phénomènes protoplasmiques dus à l'anesthésie chez « Glaucoma piriformis »** *C. R. Soc. Biol.*, t. LX, p. 491.
27. **Le « Glaucoma piriformis » et l'organisation de la substance vivante.** *C. R. Assoc. Anat.* Session de Bordeaux, p. 120.
28. **La puissance de la frange adorale des Vorticellidae et son utilisation.** *C. R. Soc. Biol.*, t. LX, p. 772.
29. **Sur le bol alimentaire des Vorticellidae.** *C. R. Soc. Biol.*, t. LX, p. 826.
30. **Sur une Vorticellide nouvelle : « Opistonecta Henneguyi ».** *C. R. Soc. Biol.*, t. LX, p. 922.
31. **Sur l' « Ophrydium versatile ».** *C. R. Soc. Biol.*, t. LXI, p. 46.
32. **Les mouvements et leur force chez les Protozoaires.** *La Science au XXe siècle*, 4e *année*, n° 44, 15 août 1906.
33. **Tropismes et Protozoaires.** *Revue Scientifique*, n° 18, t. VI, p. 567.
34. **Variation expérimentale chez « Vorticella microstoma ».** *Bull. Scient. France et Belgique*, t. XL, p. 271.

35. **Sur la structure du protoplasma chez les Protozoaires.** *C. R. Acad. Sc.*, 2 janvier 1905.
36. **« Tintinnoidium inquilinum ».** *C. R. Soc. Biol.*, t. XLI, p. 395.
37. **Commensalisme spécifique chez les Vorticelles d'eau douce.** *C. R. Soc. Biol.*, t. LXI, p. 456.
38. **Commensalisme des « Opercularia». Facteur mouvement et facteur de spécificité,** *C. R. Soc. Biol.*, t. LXI, p. 514 et 583.
39. **Variabilité de quelques « Opercularia » commensaux.** *C. R. Soc. Biol.*, t. LXII, p. 151.
40. **Structure de l'appareil basilaire des « Opercularia ».** *C. R. Soc. Biol.*, t. LXII, p. 259.
41. **Sur un cas de monstruosité chez « Stentor cœruleus ».** *Arch. d'Anat. Micros.*, t. VIII, p. 660.

1907

42. **Organisation, fonctionnement et réactions individuelles chez les Cytozoaires.** *Bull. de l'Inst. gén. psychol.*, 1907.
43. **L'organisation de l' « Opercularia notonectae », dans ses rapports avec la cytologie générale.** *C. R. Ass. Anat.* Session de Lille, 1907.
44. **Mitochondries et sphéroplastes chez les Infusoires ciliés.** *C. R. Soc. Biol.* t. LXII, p. 523.
45. **L'« Epistylis galea ».** *C. R. Soc. Biol.*, t. LXII, p. 1058.
46. **Un nouvel Infusoire hypotriche : « Ancystropodium Maupasi ».** *C. R. Soc. Biol.*, t. LXIII, p. 377.
47. **Une variété de « Trichorhynchus Tuamotuensis ».** *C. R. Biol.*, t. LXIII, p. 467.
48. **L' « Epistylis Perieri ».** *C. R. Soc. Biol.*, t. LXIII, p. 551.
49. **Les organismes monocellulaires.** *Revue des Idées*, mars 1907.
50. **La vie de relation chez les Protozoaires.** *La Science au XXe siècle*, avril 1907.

1908

51. **Les conditions organiques du comportement chez les Cytozoaires : le « Colpoda cucullus ».** *Bull. Inst. gén. Psychol.*, p. 309-316, 1908.
52. **Les conditions organiques du comportement chez le « Stylonichia mytilus ».** *Bull. Inst. gén. Psychol.*, 8e année, p. 137-140.
53. **La structure des matières vivantes.** *Bull. Soc. Zool. Fr.*, vol. XXXIII, p. 104.
54. **Les conditions organiques du comportement chez les Cytozoaires : « l'Urostyla grandis ».** *Bull. Inst. gén. Psychol.*, n° 6, 1907, p. 441-446.

55. **Étude descriptive des Péridiniens et des Infusoires ciliés du plankton de la Baie de la Hougue.** *Ann. des Sc. Nat. Zool.*, 9e série, t. VII, p. 209.
56. **Le « Tintinnidium inquilinum ».** *Arch. f. Protist.*, Bd. 11, p. 225-251.
57. **L'« Ancystropodium Maupasi ».** *Arch. f. Protist.* Bd. 13, p. 121-137.
58. **« Microgomia Spumosa ».** *Bull. Soc. Zool. Fr.*, vol. XXXIII, p. 76.
59. **Sur deux Infusoires nouveaux de la famille des « Trachelidae ».** *Bull. Soc. Zool.*, Fr., vol. XXXIII, p. 13.
60. **Sur le « Strobilidium gyrans ».** *C.R. Ass. Anat.*, Marseille, p. 32, 1908.
61. **A propos d'une note de M. P. Enriquez sur un Infusoire oligotriche.** *C. R. Soc. Biol.*, t. LXIV, p. 428.
62. **Sur l'étude ultra-microscopique de quelques Protozoaires.** *C. R. Soc. Biol.*, t. LXIV, p. 582.
63. **Évolution de l'appareil mitochondrial dans l'œuf de « Julus terrestris ».** *C. R. Soc. Biol.*, t. LXIV, p. 1057.
64. **« Anaplophryia striata » (Dujardin).** *Bull. Ass. Fr. Avancement Sciences.*
65. **La protistologie. Histoire de quelques-uns de ses récents progrès.** *Revue Générale des Sciences*, 1908.

1909

66. **Vacuoles colorables par le rouge neutre chez un Infusoire cilié.** *C. R. Assoc. Anat.*, Session Nancy, p. 286, 1909.
67. **Les Protistes devant la psychologie comparée.** *Bull. Inst. gen. Psychol.*, 9e année, p. 1-15.
68. **Constitution du macronucleus des Infusoires ciliés.** *C. R. Acad. Sc.*, mars 1909.
69. **Sur la constitution et le rôle des mitochondries.** En collaboration avec A. Mayer et G. Schaeffer. *C. R. Soc. Biol.*, t. LXVI, p. 921.
70. **La structure physico-chimique du macronucleus des Infusoires ciliés.** *Bull. Soc. Zool. Fr.*, vol. XXXIV, p. 55.
71. **Sur les réactions de quelques mitochondries.** *C. R. Acad. Sc.*, 12 juillet.
72. **Sur un cas de symbiose présenté par un Infusoire cilié.** *C. R. Soc. Biol.*, t. LVII, p. 113.
73. **Sur les réactions chimiques des mitochondries.** En collaboration avec A. Mayer et E. Schaeffer. *C. R. Soc. Biol.*, t. LVII, p. 769.
74. **Mitochondries et liposomes,** *C. R. Soc. Biol.*, t. LVIII, p. 537.

1910

75. **Variation d'une espèce du genre « Haplophragmium ».** *C. R. Soc. Biol.*, t. LIX, p. 535.

76. **Appareil nucléaire, chromidies, mitochondries.** *Arch. f. Protist.*, Bd. 21, p. 186.
77. **Étude physico-chimique sur la structure des noyaux de type granuleux.** *C. R. Acad. Sc.*, 23 mai.
78. **Étude sur les mitochondries des Protozoaires et des cellules sexuelles.** *Arch. d'Anat. Micr.*, t. II, p. 457-648.
79. **Sur la microchimie des corps gras. Application à l'étude des mitochondries.** En collaboration avec A. Mayer et G. Schaeffer. *Arch. d'Anat. Microsc.*, t. XII, p. 19-102.
80. **Sur la microchimie des corps gras.** En collaboration avec A. Mayer et G. Schaeffer. *Anat. Anzeig.*, Bd. 36, p. 596.
81. **Contribution à l'étude des glandes labiales des Hydrocorises.** *Ann. des Scien. Natur.*, t. XII, p. 217.
82. **Deuxième expédition antarctique française (1908-1910) commandée par le Dr Charcot. Foraminifères.** Paris, Masson.
83. **La continuité des mitochondries à travers des générations cellulaires et le rôle de ses éléments.** *Anat. Anzeig.*, Bd. 36, p. 186.
84. **La division de l' « Urostyla grandis ».** *Bull. Scient. Fr. Belg.*, t. XLIV, p. 215.
85. **La fixation chez les Infusoires ciliés.** *Bull. Scient. Fr. Belg.*, t. XLV, p. 27-50.
86. **Les glandes labiales des « Hydrocorises ».** *C. R. Ass. Anat.*, Bruxelles, p. 1.
87. **Acidalbumines et réactifs fixateurs.** *Bull. Soc. Zool. Fr.*, vol. XXXV, p. 16.
88. **La glande labiale des Hydrocorises.** *Bull. Soc. Zool. Fr.*, vol. XXXV, p. 173.
89. **Le plankton de la Baie de la Hougue.** *Bull. Soc. Zool. Fr.*, vol. XXXV, p. 225.
90. **Le tentacule de la « Noctiluca miliaris ».** *Bull. Soc. Zool. Fr.*, vol. XXXV, p. 8.
91. **Révision des Foraminifères, 1o Le genre « Haplophragmium ».** *Soc. Zool. Fr.*, vol. XXXV, p. 199.
92. **Sur deux Infusoires planktoniques.** *Bull. Soc. Zool., Fr.*, vol XXXV, p. 226.
93. **Microchimie des éléments mitochondriaux du myocarde.** En collaboration avec A. Mayer et G. Schaeffer. *C. R. Ass. Anat.*, Bruxelles.
94. **Le « Mycterothrix Tuamotuensis » (Trichorhynchus Tuamotuensis).** *Arch. f. Protist.* Bd. 20, p. 223-238.

1911

95. **Revision de la famille des Textularides.** *Bull. Inst. Océan.*, no 192.
96. **La constitution du test chez les Foraminifères arénacés.** *Bull. Inst. Océan.*, no 216.
97. **Le rôle des mitochondries dans l'élimination du fer chez les Rhizopodes arénacés.** *C. R. Soc. Biol.*, t. LXX, p. 119.
98. **Mitochondries et grains brillants, dans la lignée spermatique de l' « Ascaris megalocephala ».** *C. R. Assoc. Anat.*, Paris, p. 74.

99. **Sur la valeur des indications microchimiques fournies par quelques colorants vitaux.** *Anat. Anzeig.*, Bd. 40, p. 378
100. **Production expérimentale de « trichites » chez le « Didinium ».** *C. R. Soc. Biol.*, t. LXXI, p. 146.
101. **Action du sulfate de magnésie en solution concentrée sur quelques protoplasmas** *C. R. Soc. Biol.*, t. LXXI, p. 316.
102. **Sur le pigment de « Fabrea salina ».** En collaboration avec J. Donasson. *C. R. Soc. Biol.*, t. LXXI, p. 515.
103. **La découverte des mitochondries et les idées biologiques.** *La Revue des Idées*, n° 92, p. 125.
104. **Un nouvel élément de la cellule : la mitochondrie.** « *Biologica* », n° 10, p. 330.
105. **Sur le mode de division du « Strombidium sulcatum ». Cl. et Lach.** *Soc. Zool. Fr.*, vol. XXXVI, p. 207.
106. **Sur le protoplasma de l' « Epiclintes ambiguus ». O. F. Muller.** *Soc. Zool. Fr.* vol. XXXVI, p. 214.
107. **Chondriome des lames électriques de la Torpille.** En collaboration avec Mironesco. *C. R. Soc. Biol.*, t. LXXIII, p. 517.

1912

108. **Études cytologiques sur quelques Infusoires des marais salants du Croisic.** *Arch. Anat. Micros.*, t. XXII, p. 401.
109. **Constitution des mitochondries des gonocytes de l' « Ascaris megalocephala ».** *C. R. Soc. Biol.*, t. LXXII, p. 346.
110. **Points controversés de la spermatogenèse de l' « Ascaris megalocephala ».** *C. R. Soc. Biol.*, t. LXXIII, p. 271.
112. **La cellule intestinale et le liquide cavitaire de l' « Ascaris megalocephala ».** *C. R. Soc. Biol.*, t. LXXIV, p. 567.
113. **Un appareil de Golgi dans l'œuf de l' « Ascaris megalocephala ».** *Bul. Soc. Zool.*, t. XXVII, p. 135.
114. **Graisse et glycogène dans le développement de l'œuf d' « Ascaris megalocephala ».** *Bull. Soc. Zool. Fr.*, t. XXXVII, p. 233.
115. **Étude des Foraminifèzes de la Mission française antarctique.** *Bull. du Muséum Nat. d'Hist. nat.*, année 1911, p. 76.
116. **Sur l'origine des cellules pariétales des organes génitaux chez « l' Ascaris megalocephala ».** *Bull. Soc. Zool. Fr.*, t. XXXVII, p. 273.
117. **Variation du nombre des chromosomes dans l'œuf d' « Ascaris megalocephala bivalens ».** *Bull. Soc. Zool. Fr.*, t. XXXVII, p. 285.

118. **L'action des rayons X sur la segmentation de l'œuf d' « Ascaris megalocephala »,** *C. R. Acad. Scienc.*, t. CLV, p. 1272.
119. **La maturation et la fécondation chez l' « Ascaris magalocephala ».** *C. R. Assoc. Anat.*, Rennes, p. 34.
120. **La maturation et la fécondation chez l' « Ascaris megalocephala ».** *Bull. Soc. Zool. Fr.*, t. XXXVII, p. 83.

1913

121. **Étude cinématographique des phénomènes cytoplasmiques de la division de l'œuf d' « Ascaris ».** En collaboration avec Mlle Chevroton. *C. R. Acad. Scienc.*, t. CLVI, p. 815.
122. **La formation de la membrane interne de l'œuf d' « Ascaris megalocephala ».** *C. R. Soc. Biol.*, t. LXXXIV, p. 1183.
123. **Mesure de l'excitabilité électrique de la Vorticelle.** En collaboration avec M. le Professeur Lapicque. *C. R. Soc. Biol.*, t. LXXIV, p. 1194.
124. **Un albuminoïde des spermatozoïdes de l' « Ascaris magalocephala ».** *C. R. Soc. Biol.*, t. LXXIV, p. 1407.
125. **Action des rayons ultra-violets sur l'œuf d' « Ascaris megalocephala ».** *C. R. Acad. Scienc.*, t. CLVII, p. 145.
126. **Les Foraminifères de la seconde mission antarctique. Deuxième campagne du « Pourquoi-Pas »** (Notes préliminaires). *Bull. Soc. Zool. Fr.*, t. XXXVIII, p. 260.
127. **Le cycle germinatif chez l' « Ascaris megalocephala ».** *Arch. d'anat. Micr.*, t. XV, fasc. 4, p. 435-757.
128. **Sur les nématocystes et les trychocystes de « Polykrikos ».** *Bull. Soc. Zool.*, t. t. XXXVIII, p. 289.
129. **A propos des lyosomes de M. Champy.** *C. R. Soc. Biol.*, t. LXXV, p. 30 et 158.
130. **La segmentation de l'œuf d' « Ascaris » au point de vue énergétique.** *C. R. Soc. Biol.*, t. LXXV, p. 90.

1914-1919

131. **Ultra-microscopes et appareils à éclairage ultra-microscopique.** *Biologica*, 4e année, p. 124, 15 avril 1914.
132. **Le microscope binoculaire, le microscope à deux oculaires, le microscope comparateur.** *Biologica*, 4e année, p. 156, 15 mai 1914.
133. **Nématocystes de « Polykrikos » et de « Campanella ».** *C. R. Soc. Biol.*, t. LXXV, p. 366.
134. **Deux Infusoires planktoniques : « Tontonia appendiculariformis »** (nov. gen,

nov. sp.) et « **Climatostomum diedrum** (nov. sp.). *Arch. f. Protist*, Bd. 35, p. 95-107.

135. « **Erythropsis agilis** » **R. Hertwig.** *Arch. f. Protist.*, Bd. 35, p. 24-46.

136. **Composition et morphologie des lipoïdes ovulaires.** *Journ. Physiol. et Path.*, 1915, t. XVI, n° 5, p. 808.

137. **Tumeurs consécutives à l'injection d'huile camphrée préparée avec de l'huile de vaseline (Vaselinomes).** En collaboration avec le Médecin Inspecteur O. Jacob. *Rev. Chirur.*, t. XXXVI, p. 15, 1917.

138. **Étude clinique et histologique sur la cicatrisation des brûlures avec les pansements isolants à base de paraffine.** En collaboration avec Pfulb. *Arch. Médec. Expér.*, t. XXVIII.

139. **Le problème de l'antisepsie chirurgicale dans les différentes variétés de plaies de guerre.** En collaboration avec L. Bazy. *C. R. Soc. Biol.*, t. LXXXI, 1918.

140. **Action des pansements paraffinés sur l'infection des plaies en surface.** En collaboration avec Pfulb. *C. R. Soc. Biol.*, t. LXXXI, 1918.

141. **Absence d'antisensibilatrice dans la bile des animaux immunisés contre le bacille typhique. Application à la notion de porteurs de germes.** En collaboration avec le Médecin Inspecteur Vincent. *C. R. Soc. Biol.*, t. LXXX, p. 589.

142. **Les lois de la cicatrisation des plaies sont-elles réductibles aux lois générales de croissance des organismes?** En collaboration avec F. Vlès. *C. R. Acad. Scienc.*, t. CLXVIII, p. 363, 1919.

143. **Recherches histologiques sur les abcès provoqués par des injections de carbures liquides (note préliminaire).** *Bull. Soc. Médec. Leg. Fr.*, 1919.

144. **Revue de nos connaissances sur les lois mathématiques de la cicatrisation des plaies.** En collaboration avec F. Vlès. *Année biologique*, 1919.

1920

145. **Mouvement des Vorticelles.** *C. R. Soc. Biol.*, t. LXXXIII, p. 1382.

146. **Sur une anomalie du développement de l'ovaire chez l'** « **Ascaris megalocephala** ». En oollaboration avec J. Dragoiu. *C. R. Soc. Biol.*, t. LXXXIII, p. 123.

147. **Étude sur les abcès provoqués par injections de substances non septiques. Lésions et processus histopathologiques.** En collaboration avec M[lle] Du Vivier de Streel. *Ann. d'Hyg. Publ. et de Médec. Leg.*, t. XXXIII, p. 272-320.

148. **Étude sur les abcès provoqués par injections de substances non septiques. Méthode de diagnostic.** En collaboration avec M[le] Du Vivier de Streel. *Ann. d'Hyg. Publ. et de Médec. Leg.*, t. XXXIII, p. 341-375.

149. **Développement des canaux aériens et histogénèse de l'épithélium pulmonaire chez le Mouton.** En collaboration avec J. Dragoiu. *C. R. Acad. Scienc.*, t. CLXX, p. 1617.

150. **Histogenèse et époque d'apparition des différents tissus pulmonaires chez le Mouton.** En collaboration avec J. Dragoiu. *C. R. Acad. Scienc.*, t. CLXXI, p. 134.

151. **La croissance du poumon fœtal chez le Mouton et les variations concomittantes de sa composition.** En collaboration avec J. Dragoiu et Du Vivier de Streel. *C. R. Acad. Scienc.*, t. CLXXI, p. 275.

152. **Étude histologique et microchimique de quelques lésions provoquées.** En collaboration avec le Médecin Principal Chavigny. *Bull. Officiel des Recherches et Invent.*

153. **La différenciation histochimique de l'épithélium fœtal du Mouton.** En collaboration avec J. Dragoiu et Du Vivier de Streel. *C. R. Acad. Scienc.*, t. CXXI.

154. **La cellule granuleuse du Poumon.** *C. R. Soc. Biol.*, vol. LXXXIII, p. 11.

155. **Sur une réaction microchimique de la cellule épithéliale pulmonaire.** En collaboration avec J. Dragoiu et Du Vivier de Streel. *Bull. Soc. Chimie Biologique*, t. II, p. 166, nº 3.

156. **Lésions pulmonaires déterminées par les gaz suffocants.** En collaboration avec A. Mayer et A. Guieysse. *C. R. Acad. Scienc.*, t. LCXX, p. 1289.

157. **Action de différents composés chimiques sur la cellule pulmonaire.** *C. R. Acad. Scienc.*, t. CLXX, p. 1344.

158. **Lésions cutanées déterminées par certains composés vésicants.** En collaboration avec Guieysse, Magne et Mayer. *C. R. Acad. Scienc.*, p. 1476.

159. **Lésions pulmonaires déterminées par les corps vésicants.** En collaboration avec Guieysse, Plantefol, et Mayer. *C. R. Acad. Scienc.*, t. CLXX, p. 1532.

160. **Sur une nouvelle Vorticellide planktonique : « Vorticella Mayeri ».** *Bull. Soc. Zool. Fr.*, t. LX. p. 103.

161. **Note sur une Vorticellide : « Scyphidia terebellae ».** *Bull. Soc. Zool. Fr.*, t. LX, p. 27.

162. **Sur une réaction microchimique de la cellule épithéliale pulmonaire.** En collaboration avec J. Dragoiu et Mlle Du Vivier de Streel. *Bull. Soc. Chimie Biolog.*, t. II, nº 3, p. 166.

1921

163. **Divers aspects de la cellule hépatique chez les têtards de « Rana temporaria » nourris avec de la thyroïde.** En collaboration avec J. Dragoiu. *C. R. Soc. Biol.*, t. LXXXV, p. 434.

164. **Étude histologique des phénomènes provoqués chez le têtard de « Rana temporaria » par l'alimentation thyroïdienne.** En collaboration avec J. Dragoiu. *C. R. Soc. Biol.*, t. LXXXV, p. 437.

165. **La localisation du glycogène dans le foie et les muscles des Chiens nourris en vue de la production maxima de cette réserve.** En collaboration avec Mme Gruzewska. *C. R. Acad. Scienc.*, t. CLXXIII, n° 4, p. 254.

166. **Les constituants chimiques de l'œuf et leur rôle dans le développement embryonnaire chez la Grenouille Rousse.** *Bull. Soc. Chimie Biol.*, t. III, n° 8, p. 476.

167. **A propos de la détection microchimique des carbures injectés dans les tissus.** *C. R. Soc. Biol.*, t. LXXXV, p. 638.

168. **Loi de croissance des tissus constituant le poumon fœtal du Mouton.** *C. R. Acad. Scienc.*, t. CLXXIII, p. 737.

169. **La maturation et l'activation expérimentale chez « Sabellaria ».** *C. R. Soc. Biol.*, t. LXXXV, p. 810.

170. **Constitution de l'œuf de « Sabellaria ».** *C. R. Acad. Scienc.*, t. CLXXIII, p. 1023.

171. **Discontinuité dans l'évolution morphologique du chondriome de l'œuf de « Sabellaria ».** *C. R. Soc. Biol.*, t. LXXXV, p. 986.

172. **Variations périodiques de la sensibilité de l'œuf de « Sabellaria » aux solvants des graisses.** *C. R. Soc. Biol.*, t. LXXXV, p. 1051.

173. **Endosmose électrique des cellules du foie chez le Rat blanc.** En collaboration avec Pierre Girard. *C. R. Soc. Biol.*, t. LXXXV, p. 1140.

173 *bis*. **Le mouvement actuel pour la réorganisation des recherches scientifiques en France.** *Rev. Scient.*, 8 janvier 1921.

1922

174. **Échanges respiratoires de l'œuf de « Sabellaria » au cours de la segmentation et la cytolyse.** *C. R. Soc. Biol.*, t. LXXXVI, p. 20.

175. **Constitution de l'œuf de Truite.** En collaboration avec Mlle H. Garrault. *C. R. Acad. Scienc.*, t. CLXXIV, p. 1375.

176. **Constitution de l'œuf ovarien de Carpe.** En collaboration avec Mlle H. Garrault. *C. R. Acad. Scienc.*, t. CLXXIV, p. 1495.

177. **Étude des substances grasses et lipoïdes de l'œuf de Truite.** En collaboration avec Mlle H. Garrault. *Bull. Soc. Chim. Biol.*, t. IV, p. 379.

178. **Les substances grasses et lipoïdes de l'œuf ovarien de Carpe.** En collaboration avec Mlle H. Garrault. *Bull. Soc. Biol.*, t. IV, n° 8, p. 429.

179. **Le cycle de croissance des colonies de Vorticellides.** *Bull. Biol. Fr. et Belg.*, t. LVI, p. 427.

180. **Méthodes chimiques et microchimiques applicables à l'étude cytologique des œufs.** *C. R. Assoc. Anat.*, p. 149.

1923

181. **Variations de l'alcalinité de l'œuf de « Sabellaria » pendant la maturation.** *C. R. Soc. Biol.*, t. LXXXVIII, p. 863.
182. **Propriétés osmotiques de l'œuf de « Sabellaria ».** *C. R. Soc. Biol.*, t. LXXXVIII, p. 1028.
183. **Action de quelques chlorures sur l'hydratation de l'œuf de « Sabellaria ».** *C. R. Soc. Biol.*, t. LXXXVIII, p. 1076.
184. **L'œuf de « Sternaspis scutata ».** En collaboration avec M[lle] Tiaud. *C. R. Soc. Biol.*, t. LXXXVIII, p. 1144.
185. **Constitution de l'œuf ovarien de « Patella vulgata ».** En collaboration avec M[lle] H. Garrault. *C. R. Soc. Biol.*, t. LXXXVIII, p. 1183.
186. **Caractérisation microchimique d'un composé sulfuré dans la cellule épithéliale granuleuse du poumon.** En collaboration avec J. Dragoiu. *C. R. Soc. Biol.*, t. LXXXIX, p. 304.
187. **Sur les quantités maximales de la réserve glycogénique dans le foie de Chiens de différents âges.** En collaboration avec M[me] Gruzewska. *C. R. Acad. Scienc.*, t. CLXXV.
188. **Le premier cycle de croissance du Têtard de « Rana temporaria ».** En collaboration avec J. Dragoiu. *Arch. Internat. de Physiol.*, t. XXI, p. 403.
189. **Le microplankton de la Baie du Croisic.** En collaboration avec M[lle] O. du Puigaudeau. *Soc. Zool. Fr.*, t. XLVII, p. 430; t. XLVIII, p. 238 et 351.

1924

190. **Contribution à la connaissance des Infusoires planktoniques.** *Bull. Scient. Fr. et Belg.*, supplément 6.
191. **L'œuf de « Sabellaria alveolata ».** *Arch. Anat. Micr.*, t. XX, p. 211 à 342.
192. **Le développement du poumon fœtal chez le Mouton.** En collaboration avec J. Dragoiu. *Arch. Anat. Micr.*, t. XIX, p. 411-474.

1925

193. **La cinétique du développement**, 1 vol., 325 p., *Les Problèmes biologiques*. Pres. Univ.
194. **La cinétique du développement.** *Archiv. für Exper. Zellforschung*, Bd. 2, p. 220.
195. **État quiescent et état actif chez les amibocytes d'Arénicoles.** *C. R. Acad. Scienc.*, t. CLXXX, p. 396.
196. **Action de la température sur le mouvement de translation chez « Arcella vul-**

garis ». En collaboration avec B. Ephrussi. *C. R. Acad. Scienc.*, t. CLXXX, p. 608.

197. **La structure des complexes d'amibocytes.** *C. R. Assoc. Anat.*, Turin, p. 226.

198. **Agglutination des amibocytes d'Arénicole.** *C. R. Soc. Biol.*, t. XCII, p. 1287.

199. **Structure des complexes d'amibocytes agglutinés « in vitro ».** *C. R. Soc. Biol.*, t. XCII, p. 1367.

200. **Action de quelques cations sur les amibocytes d'Arénicole étudiés « in vitro ».** *C. R. Soc. Biol.*, t. XCII, p. 1436.

201. **Les amibocytes du Lombric à l'état quiescent.** En collaboration avec J. Murakami. *C. R. Acad. Scienc.*, t. CLXXX, p. 1693.

202. **La structure permanente de l'appareil excréteur chez quelques Vorticellides.** *C. R. Soc. Biol.*, t. XCIII, p. 618.

203. **Transformations subies « in vitro » par les amibocytes de quelques Invertébrés.** *C. R. Acad. Scienc.*, t. CLXXXI, p. 573.

204. **Le mécanisme de la formation des complexes à partir des cellules d'Éponges dissociées.** *C. R. Soc. Biol.*, t. XCIII, p. 618.

205. **Un facteur physique du mouvement cellulaire pendant la culture des tissus « in vitro ».** En collaboration avec R. Wallich. *C. R. Acad. Scienc*, t. CLXXXI, p. 1096.

1926

206. **Pseudopodes lamellaires et figures myéliniques.** *C. R. Soc. Biol.*, t. XCIV, p. 31.

207. **Lames minces formées par la diffluence du protoplasma cellulaire.** En collaboration avec B. Ephrussi et L. Rapkine. *C. R. Soc. Biol.*, t. XCIV, p. 442.

208. **Différents états morphologiques des amibocytes d' « Echinocardium ».** *C. R. Soc. Biol.*, t. XCV, p. 548.

209. **Remarques au sujet de la courbe de décroissance annuelle de ponte chez la Poule domestique.** En collaboration avec M[lle] L. Kaufman. *C. R. Acad. Scienc.*, t. CLXXXIII, p. 247.

210. **Où en est l'Embryologie?** 1 vol., 249 p. *Collect. des Mises au point.* Gauthier-Villars et C[ie].

1927

211. **Les amibocytes des Invertébrés.** *Bull. d'hist. appliq.*, t. IV, p. 187.

212. **Les amibocytes des Invertébrés à l'état quiescent et à l'état actif.** *Arch. d'Anat. microsc.*, t. XXIII, p. 99-173.

213. **Charge électrique et agglutination chez les amibocytes d'Invertébrés marins.** En collaboration avec G. Nichita. *Ann. de Physiol. et de Physicochimie Biol.*, t. III, p. 247-306.

214. **Action de la concentration en ions H sur les amibocytes d'Invertébrés marins.** En collaboration avec G. Nichita. *Ann. de Physiol. et de Physicochimie Biol.*, t. III, p. 307-316.

215. **Action de quelques cations sur les amibocytes d'Invertébrés marins.** En collaboration avec G. Nichita. *Ann. de Physiol. et de Physicochimie Biol.*, t. III, p. 317-332

1928

216. **La culture des tissus « in vitro ».** En collaboration avec B. Ephrussi. *Ann. d'Anat. Pathol. et d'Anat. norm.*, t. V, p. 157-180.

217. **La loi de décroissance progressive du taux de la ponte chez la Poule domestique.** En collaboration avec Mlle L. Kaufman. *Ann. de Physiol. et de Physicochimie Biol.* t. IV, p. 64-122.

218. **Mesure de l'épaisseur des lames minces protoplasmiques.** En collaboration avec Mlle Choucroun. *C. R. Acad. Scienc.*, t. CLXXXVI, p. 979.

219. **La courbe de décroissance de ponte chez « Margaropus Australis ».** En collaboration avec Mlle H. Garrault. *Ann. de Physiol. et de Physicochimie Biol.*, t. IV (sous presse).

TABLE DES MATIÈRES